

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ -
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

Hornicko-geologická fakulta

Institut environmentálního inženýrství

Nové metody nakládání s odpadními vodami

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor práce: Petr Zniščál

Vedoucí práce: Ing. Hana Škrobánková, Ph.D.

2014

VŠB – TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA

FACULTY OF MINING AND GEOLOGY

Institute of environmental engineering

New methods of wastewater disposal

BACHELOR THESIS

Author: Petr Zniščál

Supervisor: Ing. Hana Škrobánková, Ph.D.

2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání bakalářské práce

Student: **Petr Zniščál**
Studijní program: B2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 2102R006 Technologie a hospodaření s vodou
Téma: **Nové metody nakládání s odpadními vodami**
New methods of wastewater disposal

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl práce
2. Historie dělení a využívání jednotlivých druhů odpadních vod
3. Legislativa
4. Decentralizované řešení nakládání s odpadními vodami
5. Odpadní voda jako zdroj surovin
6. Vyhodnocení a závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

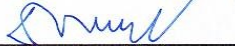
1. Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.
2. Pitter, P. Hydrochemie. Praha: STNL Nakladatelství technické literatury, 1990, Ochrana životního prostředí. ISBN 80-03-00525-6, s. 503–506.
3. Johansson, M. Source-Separated Human Urine – A Future Source of Fertilizer for Agriculture in the Stockholm Region. Final report of the R&D project „Source-Separated Human Urine – a Future Source of Fertilizer for Agriculture in the Stockholm Region“. 2001.
4. Sklenářová, T. Decentralizovaný způsob nakládání s odpadními vodami. In: TZB Haustechnik, č. 1, 2009, s. 26–29.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Hana Škrobánková, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2013

Datum odevzdání: 30.04.2014


prof. Ing. Vojtěch Dirner, CSc.
vedoucí institutu




prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlášení

- Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 29.4.2014


Petr Zniščál

Místopřísežné prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně.

V Ostravě dne 29. 4. 2014


.....

Petr Zniščál

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucí mé bakalářské práce, Ing. Haně Škrobánkové, Ph.D., za rady, ochotu a laskavý přístup, zejména však za čas, který věnovala konzultacím a především za její trpělivost.

ANOTACE

V této bakalářské práci je řešena problematika čištění odpadních vod a nové metody nakládání s odpadními vodami. První kapitola je věnována historii odpadních vod jak ve světě, tak v České republice. Dále jsou zde uvedeny jednotlivé druhy odpadních vod, techniky čištění odpadních vod, rovněž i dezinfekce odpadních vod. V následující kapitole je popsána legislativa týkající se odpadních vod. Další část popisuje nové techniky a metody nakládání s odpadními vodami, vyjmenování jednotlivých druhů systémů a jejich porovnání. V poslední části bakalářské práce je uveden pohled na budoucnost čištění odpadních vod a využití odpadu jako zdroje energie.

KLÍČOVÁ SLOVA: odpadní vody, metody nakládání s odpadními vodami, čištění odpadních vod

SUMMARY

This bachelor thesis discusses the issues of wastewater treatment along with new methods of dealing with wastewater. The first chapter is dedicated to history of wastewater in the world and in the Czech republic. Types of wastewater are listed along with techniques of wastewater treatment and wastewater disinfection. The following chapter is dedicated to legislation concerned with wastewater. New techniques and methods of wastewater treatment are described in the following chapter along with a list of systems used and their comparison. In the final part of the bachelor thesis we take a glimpse to the future of wastewater treatment and use of waste as a source of energy.

KEYWORDS: wastewater, methods of dealing with wastewater, wastewater treatment

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

BSK	Biochemická spotřeba kyslíku (mg/l)
BSK ₅	Biochemická spotřeba kyslíku v průběhu 5 dnů (mg/l)
ČOV	Čistírna odpadních vod
DČOV	Domovní čistírna odpadních vod
DESAR	Decentralizované odvádění a znovuvyužití odpadních vod
EO	Počet ekvivalentních obyvatel
HVAC	Systém topení, ventilace a klimatizace
CHSK	Chemická spotřeba kyslíku (mg/l)
N, P, K	Dusík, fosfor, draslík – nutrienty
ÚČOV	Ústřední čistírna odpadních vod

OBSAH

ÚVOD.....	1
1 HISTORIE NAKLÁDÁNÍ S ODPADNÍMI VODAMI	2
1.1 STŘEDOVĚK	2
1.2 OSOBNOSTI.....	3
1.3 HISTORIE NAKLÁDÁNÍ S ODPADNÍMI VODAMI V ČECHÁCH	4
1.4 ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD V BUBENČI.....	6
2 DRUHY ODPADNÍCH VOD.....	7
3 ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD.....	10
3.1 MECHANICKÉ ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD	10
3.1.1 HRUBÉ PŘEDČIŠTĚNÍ	10
3.1.2 LAPÁKY PÍSKU	11
3.1.3 USAZOVACÍ A ZAHUŠŤOVACÍ NÁDRŽE.....	13
3.2 BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD	14
3.2.1 BIOLOGICKÉ FILTRY	15
3.2.2 AKTIVAČNÍ NÁDRŽE.....	16
3.2.3 BIOLOGICKÁ NITRIFIKACE A DENITRIFIKACE	16
3.2.4 DOČIŠŤOVÁNÍ.....	17
3.3 DEZINFEKCE ODPADNÍCH VOD	18
4 LEGISLATIVA	20
4.1 POSTUPY PRO VYPRACOVÁNÍ NAŘÍZENÍ	20
4.2 EMISNÍ STANDARDY.....	21
4.3 NOVÉ VELIKOSTNÍ KATEGORIE U ČISTÍREN MĚSTSKÝCH ODPADNÍCH VOD.....	22
4.4 EMISNÍ STANDARDY MĚSTSKÝCH ODPADNÍCH VOD V MINIMÁLNÍ FORMĚ ÚČINNOSTI ČIŠTĚNÍ.....	22
4.5 NEBEZPEČNÉ A VELMI NEBEZPEČNÉ LÁTKY A JEJICH POŽADAVKY	22
4.6 IMISNÍ STANDARDY A ENVIRONMENTÁLNÍ CÍLE	23
4.7 KOMBINOVANÝ PŘÍSTUP K BODOVÝM A DIFÚZNÍM ZDROJŮM ZNEČIŠTĚNÍ	23
4.8 DIFÚZNÍ ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ.....	24
4.9 PROBLÉMY SOUVISEJÍCÍ S RÁMCOVOU SMĚRNICÍ.....	24

5	NOVÉ METODY NAKLÁDÁNÍ S ODPADNÍMI VODAMI	26
5.1	DECENTRALIZOVANÝ ZPŮSOB NAKLÁDÁNÍ S ODPADNÍMI VODAMI	27
5.2	CENTRALIZOVANÝ SYSTÉM.....	27
5.3	DECENTRALIZOVANÝ SYSTÉM	28
5.4	DESAR KONCEPT	29
5.5	DĚLENÍ ODPADNÍCH VOD V DESAR SYSTÉMU.....	30
5.6	KONCEPT SEPAROVANÝCH VOD – BAREVNÉ VODY	32
5.6.1	ŽLUTÉ VODY	33
5.6.2	ŠEDÉ VODY	35
5.7	MEMBRÁNOVÉ TECHNOLOGIE	36
5.8	ALTERNATIVA NAKLÁDÁNÍ S ODPADNÍ VODOU V PRAZE.....	37
5.9	BUDOUCNOST NAKLÁDÁNÍ S ODPADNÍMI VODAMI	38
6	ODPADNÍ VODA JAKO ZDROJ SUROVIN	41
6.1	RECYKLACE ENERGIE	41
6.2	ZÍSKÁVÁNÍ ENERGIE Z BIOMASY	43
6.3	ZÍSKÁVÁNÍ ENERGIE Z POLOHOVÉ ENERGIE A BIOPALIVA.....	43
	ZÁVĚR	44
	BIBLIOGRAFICKÉ ZDROJE	45
	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....	48

ÚVOD

Voda je jednou ze základních látek běžného lidského života. Bez ní by život na Zemi nemohl existovat. V přírodě se voda vyskytuje v koloběhu. S vzrůstajícím počtem obyvatel narůstá i problematika nakládání s odpadními vodami. Z tohoto důvodu se v minulých desetiletích začalo lidstvo zajímat o čištění odpadních vod a jejich odvádění. Decentralizovaný systém, který odvádí a recykluje odpadní vodu, případně ji uvede do stavu znovupoužití, je nová metoda nacházející výhody v širším rozsahu. Součástí této metody je dělení odpadních vod z domácností dle barev. Označením žluté vody nazýváme moč a za hnědé vody jsou pokládány fekálie. Specifickou skupinou jsou také odpadní vody z každodenních činností. V tomto případě hovoříme o vodách šedých, které zahrnují vody z koupelen, van, sprch a umyvadel. Přínosné je rovněž zavádění metod pro jednotlivé odvádění odpadních vod s pozdějším využitím. K separaci odpadních vod se začíná využívat systém No-mix toalet, případně suchých pisoárů, které budou přínosné nejen pro domácnosti, ale i pro kulturní, či nákupní centra. Důležitým procesem je zde rovněž hygienické zabezpečení vod - odstranění patogenních organizmů, jako jsou bakterie a plísňe. K čištění takto znečištěných odpadních vod se využívá dezinfekce chlorem, ozonem a dalších procesů. Hlavní myšlenkou nakládání s odpadními vodami je recyklace a především tedy opětovné využití odpadních vod jako zdroje surovin a energie.

Cílem bakalářské práce je nastínění problematiky likvidace odpadních vod a přiblížení nových způsobů nakládání s odpadními vodami.

1 HISTORIE NAKLÁDÁNÍ S ODPADNÍMI VODAMI

Zásahem člověka se mění voda z přírodních zdrojů na vodu odpadní. Rozvoj společnosti souvisí s nakládáním odpadními vodami a často tak vypovídá o technickém, kulturním a ekonomickém stupni rozvoje [1].

Budování kanalizací začalo až v 18. století, avšak zásobování pitnou vodou a zneškodňování splašků, bylo na vysoké úrovni již ve starověku. S nástupem středověku, zejména ve střední Evropě, došlo k určitému poklesu úrovně jejich likvidace z důvodu vylévání veškerých splašků přímo do povrchových stok. Toto vedlo k šíření epidemií. V dřívějších dobách lidská sídla neměla s odpadními vodami problémy, jako máme dnes my. Důvodem bylo, že odpadní vody takové, jak je známe v dnešní době, neexistovaly. Za domy byl ve většině případů suchý záchod, jehož obsah byl likvidován společně s odpadními produkty hospodářských zvířat a používán jako hnojivo. Odpadní voda z osobní hygieny a mytí nádobí se likvidovala prostým vylitím na zahradu. Problém se zneškodňováním odpadních vod vznikl až v současné době a byl vytvořen uměle. Hlavní příčinou je vznik splachovacích záchodů a koupelen umístěných uvnitř nemovitostí, ze kterých odtékají odpadní vody silně naředěny a ve velkém množství [2].

V Mezopotámii roku 3500 až 2500 př.n.l. byly vybudovány dešťové stoky. Našli bychom zde také domy, které měly latríny a ty byly napojeny na stoky. Ve stejném časovém období v Babylónu byly některé domy vybaveny žumpami. Problémem byl však odpad, který ve většině případů končil na ulici. Velký pokrok byl zaznamenán v roce 1700 př.n.l. v Řecku v paláci Knossos, kde byl vybudován systém kanalizace. Mohli bychom zde nalézt také akvadukty a nádrže na dešťovou vodu. Odpadní vody byly odváděny terakotovým potrubím do kamenných stok a ty následně do moře [3].

1.1 STŘEDOVĚK

V období středověku došlo k návratu k nejjednodušším technikám. Nebyl zpracováván odpad, proto většinou končil na ulici. S nárůstem počtu obyvatel ve velkých evropských městech, zejména jako je Paříž a Londýn vzrostly hygienické problémy. Docházelo k šíření epidemií, jako je cholera, tyfus a mor. Ve 13. Století v Paříži a dalších velkých městech došlo k zavedení dlažby.

Ta však zhoršila situaci, jelikož se odpad nemohl na dlažbě rozkládat a vznikla tak živná půda pro šíření nemocí.

Ke zlepšení situace přispělo vybudování první odpadní stoky v Paříži roku 1370, která odváděla odpad do Seiny. Následkem vypuknutí morové epidemie roku 1539 došlo k povinnému zavedení žump v každém obytném domě v Paříži [3].

1.2 OSOBNOSTI

Sir Edwin Chadwick

Narodil se v roce 1800 v Manchesteru. Vystudoval práva v Londýně a poté se začal zabývat politickou a sociální problematikou. Byl považován za jednoho z nejvýznamnějších aktivistů v oblasti veřejného zdraví. Věřil, že věda může sloužit ke zlepšení sociálních podmínek a v 1832 byl požádán, aby sloužil na královském dvoře v komisi pro práva chudých. Během své práce v komisi se začal zajímat o problematiku kanalizace [4].

V rámci svého šetření zjistil, že je extrémně malé množství suchých záchodů, například v Liverpoolu bylo pouze 33 suchých záchodů na 7905 obyvatel [3].

Byl přesvědčen o tom, že je nutné zavést aktivní opatření, jako je čištění, odvodnění a odvětrávání v jednotlivých obydlích. Od toho si sliboval, že lidé budou zdravější a méně závislí na sociálních dávkách.

Vypuknutí epidemie cholery v roce 1831 a následné vypuknutí epidemie chřipky 1837 a tyfu 1838 přimělo vládu, aby se Chadwick začal kanalizací zabývat hlouběji. Na základě svých poznatků sepsal Chadwick roku 1842 publikaci *Report on the Sanitary Situations of the Labouring Population of Great Britain*. Tato publikace se zabývá souvislostmi spojenými s problematikou vlivu špatných hygienických podmínek na život a vzniku nemocí [4].

Navrhuje v ní způsob zlepšení hygienické situace tím, že dojde k zavedení přívodu vody do každé domácnosti. Vybudování splachovacích záchodů. Splašky povedou přímo do kanalizací a odpad se nebude svádět do žump. Bude zaveden svod pevného odpadu z ulic, kterého bylo do té doby až 15 cm volně na ulicích, do stok. Stoky nesmí vést do recipientu, ale musí být čištěny v zemních čistírnách. Tato myšlenka se neujala a Temže, do které měl být celý odpad sváděn, se proměnila ve stoku [4].

William Lindley

Narodil se 7. září 1808 v Londýně. Po ukončení odborných studií se věnoval praxi v oboru vodních a železničních staveb. Svými pracemi si získal známé jméno i v zahraničí. V roce 1834 odjel do Hamburku projektovat stavbu železniční tratě Hamburk – Lübeck a Hamburk – Bergerdorf. V roce 1843 stavěl vodovod a ve stejném roce začal svou první práci v oboru kanalizace v Hamburku. Další jeho prací bylo plánování a zřízení plynovodu a vodovodu v Altoně. Roku 1851 se podílel na opravách londýnského vodovodu a roku 1867 – 1876 dohlížel na stavbu kanalizace ve městě Frankfurtu nad Mohanem. Při této práci se stal odborníkem vyhledávaným při každé důležité stavbě a jeho názor byl ve většině případů tím rozhodujícím. Současně se stavbou kanalizace ve Frankfurtu stavěl i vodovody v Budapešti a Varšavě a byl mu svěřen i projekt stavby kanalizace v Bělehradu, Düsseldorfu, Varšavě a Petrohradu. Postavil vůbec první kanalizaci v Evropě, která byla plně dokončena roku 1890 a podílel se také na stavbě kanalizace v Praze roku 1893 až 1906 [3]. Svou činnost ukončil roku 1879 a veškeré své nedokončené stavby předal svému synovi [5].

1.3 HISTORIE NAKLÁDÁNÍ S ODPADNÍMI VODAMI V ČECHÁCH

V době středověku na území dnešní České republiky bylo zásobování měst vodou na kvalitní úrovni. Do soukromých a veřejných kašen byla přiváděna voda z podzemních vodovodů různé kvality. Zbavování se odpadních vod bylo pro města obtížné a bylo zdrojem značných hygienických problémů. Komunální odpad byl největším zdrojem nakažlivých nemocí. Příkladem takového města je právě dnešní hlavní město Praha, kde se uvedené problémy kumulovaly. Počátky pražské kanalizace musíme hledat v církevním prostředí. Ve čtyřicátých letech 12. století vznikla první kanalizace, nebo spíše odvodňovací štola ze strahovského kláštera, která odváděla přebytečnou vodu směrem na Malou Stranu [6].

Od počátku 14. století máme doloženo, že roku 1310 byl odvodněn dům probošta v Ostruhové, dnes známé Nerudově ulici. Většina pražských domů byla vybavena žumpou, nebo spíš hnojištěm, avšak splašky byly vylévány přímo na ulici. Odvádění se zlepšilo poté, co se ulice začaly dláždít a po obou stranách byly budovány stoky, strouhy či stružky. Mezníkem se stal rok 1621, kdy vzniklo

nařízení, které majitelům obytných domů ukládalo povinnost vystavět trativody a záchody. Také byl ustanoven dozorce nad čistotou pražských částí. Dalším význačným milníkem byl rok 1673, kdy jezuité vybudovali stoku pro odvodnění Klementina. Přes veškeré možnosti, se však dalších sto let nic zásadního nezměnilo. Zlom nastal v roce 1760, kdy byla zasypána část hradebního příkopu s odpadní stokou od Prašné brány po Můstek. V roce 1781 došlo pak k zasypání další části mezi Starým a Novým Městem. Tímto se Praha zbavila hygienického problému. Nefiltrovaná voda z Vltavy nebo ze studní se však stále používala, byla znečištěna žumpami a splašky [7].

V roce 1787 František Antonín Leonard Herget navrhl první pražskou stoku. V té době jich bylo postaveno velké množství a šlo řádově o 30 km stok. Problémem bylo, že tyto stoky měly špatný nebo minimální spád a odváděly splašky opět do Vltavy. Události konce 18. století znemožnily Hergetovi realizaci kanalizace. Další vývoj pražské kanalizace je spojen se jménem Karla Chodka, který navázal na plány svého otce Jana Rudolfa. Jeho zásluhou vznikla v první polovině 19. století kanalizace v částech Staré Město, Hradčany a území na Františku. Právě zde odhalila povodeň v srpnu 2002 stoku.

Vlivem rozrůstajícího se velkoměsta, bylo nutné v červenci 1884 vyhlásit soutěž na projekt celkového řešení městské kanalizace. Bylo nutno odkanalizovat nejen domácnosti, ale také dílny a továrny. Jednalo se o soutěž mezinárodní a účastnili se ji odborníci jak od nás, tak i z Německa a Rakouska. Byly předloženy dva typy návrhů na kanalizaci, a to jednotný systém, který měl odvádět splaškovou i dešťovou vodu v jednom kanalizačním systému, nebo oddílný systém, kde by byly zvlášť stoky na dešťovou vodu a splašky. Dodnes je voda z města odváděna druhým typem systému – oddílným [6].

1.4 ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD V BUBENČI

V roce 1893 předložil Ing. Lindley městské radě návrh kanalizačního území o celkové ploše 2588 ha. Rok poté byl tento návrh schválen jako základ jednotné pražské kanalizace. Dne 9. září roku 1901 započala stavba čistírny odpadních vod. Zkušební provoz byl zahájen 27. června 1906 bez větších problémů. Jelikož zařízení fungovalo, bylo o rok později zkolaudováno. Čistírna odpadních vod v Bubenči byla založena na mechanickém čištění. Každým dnem bylo zachyceno asi 4 m³ hrubých nečistot. Do systému patřily také sedimentační nádrže, odkud se denně odstraňovalo až 100m³ chaluhy. Rok 1909 znamenal ukončení stavby čistírny.

Vzhledem ke zvýšeným nárokům města, byl provoz čistírny nedostatečný a byla nutná modernizace. Od roku 1921 byla čistírna v Bubenči postupně elektrifikována a v roce 1927 započala první intenzifikace čistírny odpadních vod.

K útlumu výstavby kanalizační sítě a k jejímu značnému poškození došlo v období druhé světové války při bombardování Prahy. V poválečných letech nebyly prostředky na obnovu sítě [7].

V roce 1947, došlo k modernizaci již zastaralého zařízení, při které byly do čistírny umístěny lapače písku a česla. Vše bylo zmechanizováno a došlo k odstranění ruční práce. Od roku 1967, kdy čistírna skončila svůj provoz, se dodnes zachovala téměř v původní podobě. Na dvě desítky let byl areál čistírny opuštěn. Teprve koncem 80. let minulého století byla budova znovu objevena a začala obnova s cílem zpřístupnit Bubenečskou vodárnu veřejnosti. V roce 1991 se stala vodárna kulturní památkou, což vedlo k další činnosti. Čistírna byla poprvé otevřena pro veřejnost roku 1992, ale pravidelný provoz začal až v roce 1996 v souvislosti s devadesátým výročím pražské kanalizace. Od roku 1967 se o čistotu odpadních vod v Praze dodnes stará funkční čistírna na Císařském ostrově [6].

2 DRUHY ODPADNÍCH VOD

Odpadní vody jsou vody použité v domech, sídlištích, závodech, obcích, zdravotnických zařízeních, či jiných objektech. Tyto vody mají po použití změněnou jakost – složení nebo teplotu. Za odpadní vody jsou považovány i vody, které mohou ohrozit jakost podzemních či povrchových vod, jako například odtoky srážkových vod, které byly po dopadu znečištěny [8]. Odpadní vody je možné rozdělit podle několika hledisek. Například podle vzniku, podle druhu znečištění, podle recyklace nebo podle možnosti opětovného využití [16]. Nejčastěji se odpadní vody dělí do těchto třech hlavních skupin. První skupina jsou odpadní vody splaškové, druhá skupina jsou městské odpadní vody a poslední skupinou jsou průmyslové odpadní vody.

Splaškové odpadní vody jsou odpadní vody z hygienických zařízení, ubytování, domácností, společného stravování a tak dále [8]. Tento druh odpadních vod neobsahuje odpadní vody průmyslové. Specifická potřeba vody na obyvatele se shoduje s množstvím odpadních vod, které připadají na jednoho obyvatele. V České republice počítáme s touto průměrnou specifickou denní potřebou vody v litrech na jednoho obyvatele za den:

- 100 – 150 litrů na byt s výtokem vody, sociálním zařízením, koupelnou a ústřední přípravou teplé vody
- 80 – 110 litrů na byt s výtokem vody, sociálním zařízením, koupelnou a lokální přípravou teplé vody
- 60 – 100 litrů na byt s výtokem vody, sociálním zařízením, koupelnou se sprchovým koutem, případně ubytovací a stravovací zařízení
- 40 – 80 litrů na byt s výtokem vody, bez koupelny
- 20 – 60 litrů na byt nepřipojený na vodovod, to znamená s odběrem vody z uličních stojanů, případně byt v nájemním domě se společným sociálním zařízením a jedním výtokem vody na poschodí.

Tyto hodnoty se týkají splaškových odpadních vod a jsou odváděny veřejnou kanalizací. U městských odpadních vod je vyšší specifická potřeba vody a může přesáhnout i hodnotu 300 litrů na jednoho obyvatele za den [8].

Zhruba 45 až 80 % organických látek se vztahuje na látky z moče a fekálií. Na anorganickém znečištění nesou největší podíl zejména sloučeniny fosforu, dusíku a chloridy. Organické látky jsou zde zastoupeny sacharidy, například sacharózou,

glukózou, laktózou a polysacharidy, které jsou zastoupeny zejména škroby, pektiny a celulózu. Dále se zde nacházejí tenzidy a lipidy. Závadnost splaškových vod je dána možnostmi přenosu patogenních mikroorganismů. Nachází se zde kvasinky, plísňe, houby, viry, bakterie, pocházející zejména z fekálií a prvoci. K největšímu rozvoji dochází zejména v letních měsících, naopak v zimních měsících jejich počet klesá [9].

Městské odpadní vody jsou tvořeny splaškovými vodami a průmyslovými odpadními vodami, případně vodami dešťovými a jinými vodami, jako jsou vody z čištění ulic a veřejných prostranství. Měli bychom však říci, že do kanalizační sítě se může dostat i podzemní voda, zejména u zhoršeného stavu kanalizační sítě. Ve městech obytného charakteru převládají odpadní vody splaškové. V malých městech průmyslového charakteru tomu však může být opačně [8].

Průmyslové odpadní vody jsou vody znečištěné při výrobním procesu, včetně vod chladicích a také vody použité, které jsou vypouštěny a nedají se již použít pro daný proces. Můžeme mezi ně zařadit i zemědělské odpadní vody [8]. Průmyslové vody tvoří prioritní otázku pro životní prostředí [10]. Odpadní vody jsou kapalné odpady, které vznikají u těžby či zpracování různých surovin. Označením procesní vody bývají označeny vody, které odtékají z jednotlivých výrob. V porovnání se splaškovými vodami mají průmyslové odpadní vody odlišný charakter. Dle druhu znečišťujících látek je rozdělujeme na znečištěné vody anorganicky a znečištěné vody organicky. U anorganicky znečištěných odpadních vod můžeme dále rozdělit dle rozpustnosti znečišťujících látek, to znamená nerozpuštěné a rozpuštěné a také dle toxicity, tedy toxické a netoxické. U organicky znečištěných odpadních vod je možno je dále rozdělit dle charakteru obsažených látek:

- Biologicky rozložitelné, netoxické.
- Biologicky obtížně rozložitelné, netoxické.
- Biologicky rozložitelné, toxické.
- Biologicky obtížně rozložitelné, toxické.

Dále odlišujeme dešťovou vodu odpadní, což je voda z atmosférických srážek vtékající do stok či recipientů. Surovou odpadní vodou nazýváme odpadní vodu přitékající do čistírny odpadních vod. Obecně se jedná o znečištěnou odpadní vodu [8].

Existuje také rozšířenější způsob třídění druhů znečišťujících látek v odpadních vodách, podle kterého lze rozlišit:

- *Odpadní vody s převahou hnilobných kalů a organických látek.* Představují je odpadní vody z některých potravinářských a zemědělských závodů a z domácností.
- *Odpadní vody s úpraven rud a těžeb.* Známe je pod názvem minerální kaly. Jejich přísun do vodního prostředí je svázán se změnou světelného klimatu, zvýšením zákalu a změnou charakteru na sedimentaci částic.
- *Odpadní vody s olejovými látkami a produkty z ropy.* S tímto typem odpadních vod se setkáváme zejména při haváriích, které jsou spojeny s poruchou potrubního vedení, či netěsností zásobních tanků nebo cisteren. Při úniku olejových nebo ropných produktů do vodního prostředí vzniká na hladině film.
- *Odpadní vody s parazity a patogenními organismy* pochází zejména ze zdravotnických zařízení, zemědělských výroben a jatek. Tato voda je zcela nevhodná pro užitkové účely [11].

3 ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Proces čištění odpadních vod znamená zlepšování odpadních vod, který intenzivně probíhá na čistírnách odpadních vod. Zde dochází k vyčištění vody tak, abychom ji mohli znovu vypouštět do vodních toků. Odpadní vodu do čistíren odpadních vod přivádí kanalizační síť, na které jsou připojeny kanalizačními přípojkami uživatelé [12].

3.1 MECHANICKÉ ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Vysoce účinné funkční a kvalitní mechanické čištění odpadních vod je důležitou součástí všech přírodních způsobů čištění. Uspořádání mechanického stupně čištění je závislé na množství, původu a složení odpadních vod, ale také na znečištění vod povrchových. Uspořádání mechanického stupně čištění je:

- U znečištěných povrchových vod se preferuje úplné mechanické čištění.
- Při čištění odpadních vod menších měst, vesnic a sídlišť se navrhuje úplné mechanické čištění skládající se z česel, lapáků písku, lapáků tuků a olejů a plně funkčních usazovacích nádrží.
- U jednotlivých skupin domů, malých hotelů a restaurací je upřednostňován biologický septik nebo usazovací nádrže s vertikálním a horizontálním prouděním [13].

Mezi mechanické procesy, které se nejčastěji používají při čištění odpadních vod patří usazování a zahušťování suspenzí. Při hrubém předčištění odpadních vod dochází k usazování v lapácích písku v usazovacích nádržích, kde zároveň probíhá i zahušťování suspenzí [14].

3.1.1 HRUBÉ PŘEDČIŠTĚNÍ

Účelem hrubého předčištění je odstranění velkých plovoucích nebo vodou sunutých částí. Tyto látky by mohly způsobovat nežádoucí poruchy strojů a také by mohly narušit proces vlastního čištění odpadních vod. Aby k takovým skutečnostem nedocházelo, používají se lapáky šterku a česle. Lapáky šterku jsou významné zejména v období přívalových dešťů, kde se v nich odstraní velké a těžké předměty. Lapák šterku je jímka umístěná těsně před čistírnou na přivaděči odpadních vod. Důležitou roli u hrubého předčištění městských odpadních vod hrají česle. Jejich účel je zachycování větších předmětů, jako jsou větve, obaly, hadry, tak i hrubých

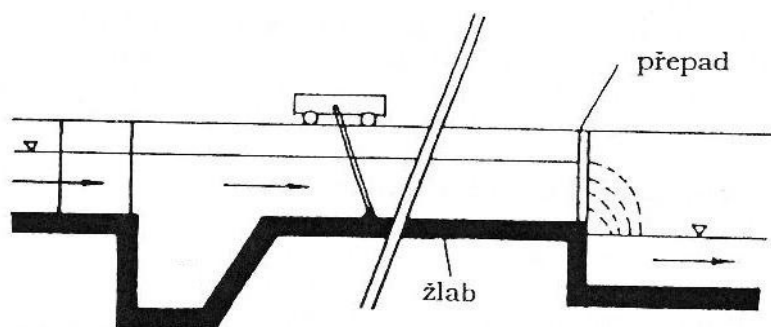
nerozpusťných částic například zbytky ovoce, papíry a cigaretové filtry. Česle jsou složeny z řady ocelových prutů obdélníkového, lichoběžníkového či kruhového profilu. Jsou umístěny do pevného rámu po úhlem 30° až 60° v přítokovém žlabu za lapákem šterku. Rozeznáváme česle hrubé, které mají vzdálenost mezi česlicemi větší než 60 mm a jemné česle s průlinami menšími než 40 mm. U velkých čistíren odpadních vod jsou tyto dva typy česlí za sebou na menších čistírnách odpadních vod bývají většinou česle hrubé. Shrabky hromadící se mezi česlicemi se odstraňují strojním či ručním stíráním pomocí hrabel. Strojní stírání, které se provádí na větších čistírnách odpadních vod může být dvojího typu. Horní a spodní. Průtočná rychlost ve žlabu s česlemi by neměla klesnout pod $0,3 \text{ m.s}^{-1}$, aby nedošlo ke stržení již zachycených částic proudem vody. Zpracování zachycených shrabků musí být uvaženo. Jedná se totiž o materiál hygienicky značně závadný a snadno zahnívající. Nejbezpečnější zpracování je jejich spalování při teplotách 680 °C až 750°C. Dalším způsobem, který se při likvidaci shrabků uplatňuje je kompostování, skladování po hygienickém zabezpečení chlórových vápnem, či vápnem a následné ukládání do kontejnerů, ve kterých jsou transportovány ke konečnému zpracování. Shrabky se skládají přibližně z 50% hader, 20 až 30% papíru, 5 – 10% plastů, 2% gumy a gumových výrobků, 2 – 3% zbytků zeleniny a ovoce a 2 – 3% nerozpadlých fekálií. Průměrná vlhkost shrabků je asi 75 %. Produkce shrabků je uvádí u hrubých česlí průměrnou hodnotou 2 – 3 litry na jednoho ekvivalentního obyvatele a hodnotou 5 – 10 litrů na jednoho ekvivalentního obyvatele u česlí jemných [14].

3.1.2 LAPÁKY PÍSKU

V lapácích písku odstraňujeme suspendované těžké anorganické látky – písek, jemnou škváru, úlomky skla a jiné. Odstraňujeme je odděleně od ostatních nerozpuštěných látek organického původu, které se odstraňují v sedimentačních nádržích. U současného odstraňování suspendovaných látek anorganického i organického původu, v sedimentačních nádržích, by došlo ve vyhnívacích nádržích k rozvrstvení kalu a písek by se postupně u dna nádrže hromadil a zmenšoval tak celkový objem vyhnívací nádrže. Lapáky písku fungují na principu snížení průtočné rychlosti vody. V lapáku písku by se měl ideálně zachytit pouze minerální podíl suspenze o velikost zrn 0,1 až 0,2 mm, bez organických příměsí. V městských odpadních vodách je množství písku rozličné. Závisí na povrchové úpravě odvodňovacích ploch, či na konfiguraci terénu a pohybuje se v rozmezí 5 až 12 litrů

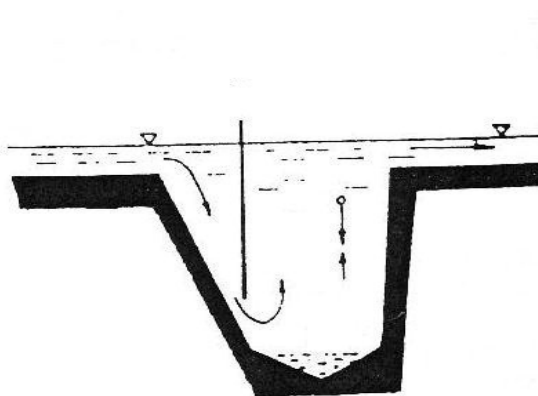
na obyvatele za rok. Při období dešťů jsou uvedené hodnoty až dvacetinásobně vyšší. Prostor na písek je navrhován na hodnotu 50 – 60 litrů na tisíc připojených obyvatel. Podle směru průtoku vody můžeme rozlišit lapáky písku horizontální, vertikální a lapáky s příčnou cirkulací [14].

U horizontálních lapáků písku je střední průtoková rychlost navrhována v rozmezí 0,25 – 0,50 m. s-1.



Obrázek č. 1: *Strojně stíraný horizontálně protékaný lapák písku [14].*

Při takové rychlosti dochází k sedimentaci částic o průměru 0,1 až 0,3 mm. Nejčastějším typem těchto lapáků je horizontální štěrbinový lapák písku. Naproti tomu u vertikálních lapáků písku nemá přestoupit povrchové zatížení 1 m^2 za hodinu, 180 m^3 [13].



Obrázek č. 2: *Lapák písku s vertikálním průtokem [14].*

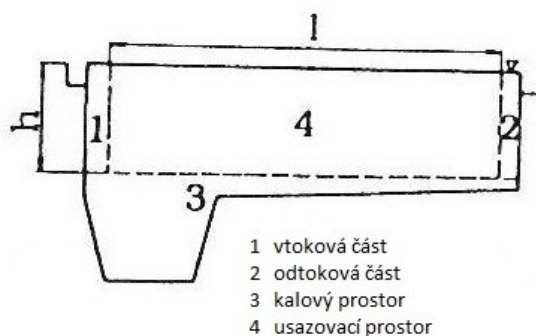
3.1.3 USAZOVACÍ A ZAHUŠŤOVACÍ NÁDRŽE

Pojem usazování lze chápat jako odstranění tuhých částic vlivem tíhového zrychlení. O prostou sedimentaci se jedná tehdy, jestliže se jednotlivé částice navzájem neovlivňují a zároveň klesají konstantní rychlostí. Takovým způsobem sedimentuje například zrnitý kal s málo koncentrovaných suspenzí. V koncentrovanějších suspenzích dochází vlivem sedimentace jednotlivých částic k ovlivňování sedimentační rychlosti částic druhých a ke zpomalení jejich pádu. V takové situaci můžeme mluvit o usazování rušeném, při kterém si částice zachovávají svou vlastní usazovací rychlost. Jestliže vzroste koncentrace suspenze na hodnotu, při které vzniká fázové rozhraní mezi kapalnou a tuhou fází, nastává stav, kdy částice ztrácejí svůj individuální charakter, a hovoříme o zahušťování suspenzí.

K separaci tuhé fáze od kapaliny se ve většině případů používá průtočných usazovacích nádrží. O dekantacích nádržích hovoříme jako o nádržích s přerušovaným provozem [14].

Dle způsobu protékání odpadních vod rozeznáváme tyto usazovací nádrže:

- Pravoúhlé nádrže s horizontálním průtokem. Odpadní voda do nádrže přitéká a protéká nádrží a v té se usazují znečištěné látky a přepadávají pilovým přepadem do odtokového žlabu. Shrabovací zařízení shromažďuje usazené látky do kalové jímky, ze které je kal odváděn pod hydrostatickým tlakem. Vtok do této nádrže by měl být rovnoměrný a proud kapaliny by neměl zasahovat příliš daleko do usazovacího prostoru, aby nedošlo k narušení celého procesu usazování.



Obrázek č. 3: Pravoúhlá usazovací nádrž s horizontálním průtokem [14].

- Kruhové nádrže s horizontálním průtokem. Odpadní voda je přiváděna do uklidňovacího válce rychlostí asi 0,2 m. s⁻¹. Od středu dále voda teče k obvodu nádrže, kde se pilovým přepadem dostává do odtokového žlabu. Při pohybu od středu k obvodu se rychlost vody snižuje. Usazované látky jsou shrabovány na dně nádrže do kalové jímky, ze které se kal odtahuje pomocí hydrostatického tlaku. Dno nádrže má mírný spád do středu. Zbylé plovoucí látky jsou stírány pomocí speciálního zařízení z hladiny do šachty. Hloubka usazovací nádrže má v obvodu 2 až 3 m a její průměr je rozmezí od 10 do 60 metrů.
- Nádrže s vertikálním průtokem. Tyto nádrže jsou většinou čtvercového spádu o straně 3 až 6 m. Voda zde přitéká do vtokového válce, který zasahuje hluboko do skosené části nádrže. Dále stoupá ke hladině, kde pilovým přepadem přepadá do odtokového žlabu a z něj pomocí potrubí odtéká. Usazovaný kal se stejně jako u předešlých dvou typů nádrží, odtahuje pod hydrostatickým tlakem [15].

3.2 BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Používá se k odstranění znečišťujících látek, které jsou rozpuštěny v odpadních vodách a nejsou schopny sedimentace. Principem je biologická kultura mikroorganismů, využívajících v rámci svých životních procesů získávání látek z vody a používá je jako stavební látky, zdroj energie a je oddělitelná od vyčištěné odpadní vody jednoduchým fyzikálním postupem, obvykle sedimentací. Postupy v technologii biologického čištění odpadních vod na čistírnách dělíme na technologie s biologickou kulturou přisedlou na pevném povrchu – biologické filtry a dále na technologie s biologickou kulturou ve vznosu – aktivační nádrže. K biologickému čištění odpadních vod jsou důležité tyto parametry:

- Nepřítomnost toxických látek.
- Dostatek rozpuštěného kyslíku.
- Teplota v rozmezí 5 až 35 °C.
- Dostatek organických látek, které podléhají aerobnímu biologickému rozkladu.
- Hodnota pH bez extrémních a náhlých změn [9].

3.2.1 BIOLOGICKÉ FILTRY

Za biologické filtry jsou považovány nádrže vyplněné kusovým materiálem, který je kropen mechanicky předčištěnou odpadní vodou. Po nějaké době zapracovávání se vytvoří na náplni slizovitý povlak mikroorganismů. Ke zkropení je nejčastěji využíváno Segnerovo kolo, které je tvořeno dutou osou, která je osazena děrovanou rourou, ze které je voda rozdělována stejnoměrně po celém povrchu bio filtru. Náplní bio filtrů je materiál, který dostatečně vzdoruje vlivu vlhkosti, mechanickému otírání, chemickým vlivům a jeho povrch je drsný. Náplní je nejčastěji šterk, struska, vápenec a v dnešní době především umělé hmoty. Velikost zrn by měla být v průměru 5 až 10 cm. Náplně umělohmotného typu procházejí speciální úpravou. Jde obvykle o desky mřížovitého tvaru, nebo bloky z již definovaných velikostí otvoru. Hlavní předností náplně z umělých hmot je zejména velký specifický povrch, umožňující vyšší hydraulické zatížení, dále pak nízká hmotnost náplně, bezporuchovost provozu a úspora elektrické energie. Biologické filtry dokáží snášet i vysoké zatížení a jejich použití je možné i pro čištění poměrně koncentrovaných průmyslových odpadních vod. Obvyklá výška filtrační vrstvy bývá 1,5 až 4 metry. Větrací otvory, nacházející se ve stěně filtru by měly mít celkovou plochu nejméně 1 % z půdorysu plochy náplně, aby přirozené větrání zajišťovalo dostatečný přísun kyslíku pro aerobní biochemické pochody, které probíhají ve slizovitém povlaku náplně. Proudění vzduchu je v bio filtru zajištěno důsledkem rozdílných vnějších teplot a teplot odpadní vody. Vyšší vnitřní teplota ve filtru způsobuje v zimě vzestupné proudění, oproti tomu vyšší teplota v létě zajišťuje proudění sestupné. K obratu dochází při dosažení rozdílu teplot 20 °C. Biologické filtry je možné podle způsobu provozu rozdělit na pomalé filtry s čerpáním v akumulární jímky, nebo s gravitačním přítokem a na biologické rychlofiltry, které jsou nepřetržitě zkrápěny odpadní vodou. Biologicky vyčištěná voda je odváděna do dosazovacích nádrží [9].

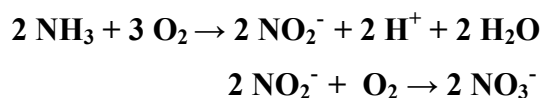
3.2.2 AKTIVAČNÍ NÁDRŽE

Aktivace bývá jedním z nejčastěji používaných způsobů biologického čištění jak průmyslových, tak i městských odpadních vod. Při tomto typu čištění dochází k směšování odpadní vody s tzv. aktivovaným kalem za dostatečného provzdušňování. Aktivovaný kal se skládá z mikroorganismů, bakterií, prvoků a hlístic. Při čištění odpadních vod aktivovaným kalem nedochází pouze k biochemickým pochodům, kterými získávají organizmy energii a vytváření novou biomasu. Důležitou součástí jsou také sorpční pochody, a to adsorpce koloidních a také některých rozpuštěných látek na vložkách aktivovaného kalu. Po dostatečné době kontaktu odpadní vody aktivovaným kalem v aktivační nádrži je směs vedena do dosazovací nádrže, kde se vločky aktivovaného kalu oddělí od vyčištěné odpadní vody. Směs vody a kalů se v aktivaci provzdušňuje buď stlačeným vzduchem, nebo kyslíkem. Jedná se o jemně bublinnou, středně nebo hrubo pneumatickou aeraci, nebo mechanickými aerátory horizontálními, jako jsou Kessenerovy kartáče, popřípadě vertikální turbínové aerátory, nebo hydropneumatické injektory. Stlačený vzduch se do nádrží dostává buď to pomocí kompresorů, dmychadel nebo ventilátorů. Na aktivační čistírně odpadních vod se musí vždy nacházet rezervní zdroj stlačeného vzduchu, aby nenastala situace dlouhodobého přerušení dodávky vzduchu do nádrží [9].

3.2.3 BIOLOGICKÁ NITRIFIKACE A DENITRIFIKACE

Biologická nitrifikace

Nitrifikace probíhá za přítomnosti kmenů nitrobakterií a je završena přeměnou nitritu na nitrát [30]. Tento proces probíhá ve dvou stupních, při prvním stupni se amoniakální dusík oxiduje a dochází ke vzniku dusitanů a ve druhém stupni jsou vzniklé dusitany oxidovány na dusičnany. Oba stupně potřebují jako zdroj uhlíku CO₂.



Sumárně



Nitrifikace je proces, který vyžaduje přítomnost kyslíku, což je patrné z výše uvedených rovnic. Rychlost nitrifikace ovlivňují tyto faktory: hodnota pH, teplota, koncentrace rozpuštěného kyslíku. Nositelem nitrifikace jsou nitrifikační bakterie,

které jsou na uvedené faktory velice citlivé. Limitujícím článkem odstranění dusíku z vod je nitrifikace, proto je důležitá vzájemná rovnováha všech faktorů.

Biologická denitrifikace

Je způsob, kterým se uvolňuje z vody dusík, která následně v plynném skupenství uniká do okolního vzduchu [29].

Denitrifikace je opakem nitrifikace, je to proces redukující dusičnany a dusitany na N_2 a N_2O .



K tomuto procesu dochází v anoxických podmínkách, přítomnost kyslíku tento proces inhibuje. Proces je zajišťován pomocí bakterií, které využívají kyslíkaté sloučeniny dusíku jako konečný akceptor elektronu. Elektrony jsou snadněji přijímány molekulárním kyslíkem, proto může respirační denitrifikace fungovat výlučně v anoxických podmínkách. Nutností denitrifikace je přítomnost energetického zdroje, většinou organické sloučeniny [25].

3.2.4 DOČIŠŤOVÁNÍ

Tento způsob čištění se navrhuje všude tam, kde běžné postupy čištění selhávají a nelze jimi dosáhnout žádoucího efektu vodohospodářsky nebo z hlediska ochrany přírody na důležitých lokalitách. Nejméně se navrhuje dočišťování odpadních vod pomocí kombinace chemického a mechanického postupu – čiřením a následnou filtrací. Využívají se více k terciárnímu čištění, rovněž i samostatnému čištění odpadních vod z malých zdrojů, přirozené postupy biologického čištění [9].

K dočištění odpadní vody se používají malé vodní nádrže rybničního typu. Důležitým faktorem je zde vypuštěná čištěná odpadní voda, která musí být rovnoměrně promísena s přítokem vody do vodní nádrže. Toho docílíme vložením mísícího zařízení před tok do dočišťovací biologické nádrže. Celá plocha dočišťovací biologické nádrže musí být zatížena v celé ploše zbytkovým organickým znečištěním, které zajistíme průtočnými přepážkami, plůtky a usměrňovacími stavbami. Tímto docílíme vyšší dočišťovací účinek, omezí se tím také možnost vzniku zkratových hustotních proudů mezi vtokem a výtokem.

Nejčastějšími typy dočišťovacích nádrží jsou tyto:

- Dočišťovací biologické nádrže, kde je dočištění hlavní funkcí. Jsou to malé vodní nádrže, jejich hlavním úkolem je změna fyzikálních, chemických a biologických vlastností.
- Dočišťovací rybníky. Zde je dočištění odpadních vod nebo znečištěných povrchových vod důležitou vedlejší funkcí, proto jsou speciálně upraveny pro tento účel.
- Ostatní druhy malých vodních nádrží podílející se na zvyšování jakosti vody. Nejsou však speciálně upraveny, při zabezpečování hlavní funkce plní čistící funkci. Jedná se o většinu malých vodních nádrží [13].

3.3 DEZINFEKCE ODPADNÍCH VOD

Pro dezinfekci odpadních vod existuje řada metod:

- *Chlór* – bývá použit jako plyn, případně chlornan vápenatý či chlornan sodný. Plynný chlór je uskladněn v lahvích, sudech u velkých spotřebitelů v cisternách. Chlornan sodný je v sudech jako bezbarvá tekutina s různou koncentrací aktivního chlóru. Chlornan vápenatý ve formě roztoku se k dezinfekci odpadních vod používá zřídka. Vyskytují se zde problémy s vylučováním vápníku. Dáváme přednost chlornanu sodnému.
- *Oxid chloričitý* – nestálý plyn, vyrábí se proto na místě spotřeby jako vodní roztok ClO_2 reakcí chlóru s chloritanem sodným. Velká výhoda použití při dezinfekci odpadních vod je v tom, že s amoniálním dusíkem nereaguje. Je zde srovnatelná účinnost s volným chlórem na bakterie i viry. Vysoké dávky mají však negativní účinky na zdraví člověka.
- *Sloučeniny bromu a jódu* – ve srovnání se sloučeninami chlóru je zde výhoda v tom, že rozkladné produkty jsou na vodní organismy méně toxické. Proto není potřeba jako u použití chlóru navrhovat dechlorační stanici. Nevýhodou je však vysoká cena.
- *Ozón* – nestabilní plyn, vyrábí se na místě ze vzduchu, případně kyslíku elektrickým proudem. Největší překážkou při dezinfekci odpadních vod jsou vysoké investiční provozní náklady.

- *Ultrafialové záření* – imituje se rtuťovými lampami. Použití pro specifické účely, dezinfekce pitných vod a dezinfekce chladicích vod v kompresoru. Důležitá podmínka je dokonalé odstranění suspendovaných látek a dále vedení vody tenkou vrstvou ultrafialovou radiací.
- *Záření gama* – paprsky gama jsou pro odpadní vody velmi dobrým dezinfekčním prostředkem. Oproti ultrafialovému záření mají paprsky gama větší penetrační schopnost [16].

4 LEGISLATIVA

Od šedesátých let 19. století existuje v České republice vodní zákonodárství. Tyto novelizované zákony již z dob Rakousko-Uherska byly platné až do 1. 1. 1955, kdy vešel v platnost první moderní zákon O vodním hospodářství č. 11/1955 Sb. Později byl nahrazen Zákonem č. 138/1973 Sb. O vodách. Tento zákon platil až do 1. 1. 2002, kdy ho poté vystřídal současný vodní zákon č. 254/2001 [9].

Požadavky na kvalitu vypouštěných odpadních vod do vod povrchových stanovila vláda nařízením dle § 38 odst. 5 zákona č. 254/2001 Sb. Toto nařízení je Nařízením vlády číslo 61/2003 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech – dále jen Nařízení. Toto nařízení bylo novelizováno Nařízením č. 23/2011 Sb., ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb. Dalším důležitým faktorem je Směrnice Rady 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod, doplněná Směrnicí Komise 98/15/ES [9].

4.1 POSTUPY PRO VYPRACOVÁNÍ NAŘÍZENÍ

Tento návrh nařízení vypracoval VÚV TGM v Praze pro Ministerstvo životního prostředí v roce 2002 dle zásad, které schválil ministr roku 2001. Nařízení přineslo nové postupy, zejména:

- Celé území státu je citlivá oblast ve smyslu Směrnice Rady 91/271/EHS.
- U zdrojů městských odpadních vod nad 10 000 ekvivalentních obyvatel musí být místo celkového anorganického dusíku pozorován dusík celkový.
- V nařízeních došlo k posílení imisního principu.
- Emisní standardy emisních odpadních vod se shodují se Směrnicí Rady 91/271/EHS.
- Došlo k zavedení nových velikostních kategorií čistíren městských odpadních vod. Byly zavedeny kategorie do 2 000 ekvivalentních obyvatel, 2 000 – 10 000 ekvivalentních obyvatel, 10 000 – 100 000 ekvivalentních obyvatel a více než 100 000 ekvivalentních obyvatel.
- U městských odpadních vod byla zavedena alternativa k emisním standardům vyjádřeným jako koncentrace zavedena i emisní standardy vyjádřené jako minimální účinnost čištění.

- U kategorie znečištění městských zdrojů 2 – 10 000 ekvivalentních obyvatel se zavedl 24 hodinový směsný vzorek získaný sléváním 12 stejných dílčích vzorků, které se odebíraly v rozmezí dvou hodin. U kategorie 10 000 ekvivalentních obyvatel a více byl odebírán vzorek získaný sléváním 12-ti objemově průtoku úměrných dílčích vzorků, které se odebíraly v intervalu dvou hodin
- Emisní standardy pro průmyslové zdroje pro znečištění by neměly být méně přísné než emisní standardy Nařízení vlády č. 82/1999 Sb. a Směrnice Rady 76/464/EHS o znečišťování některými nebezpečnými látkami vypouštěnými do vodního prostředí Společenství a jejich dceřiných směrnic [17].

4.2 EMISNÍ STANDARDY

Přímý způsob regulace emisí představují emisní standardy. Pro povolení vypouštění odpadních vod do povrchových vod je nutno dodržet emisní standardy. Emisní limity nesmějí být méně přísné, než jsou emisní standardy, což vyplývá z ustanovení Vodoprávního úřadu. Vodní zákon v § 38 odst. 6 písm. a) stanovuje, že vodoprávní úřad přihlíží u povolování vypouštění odpadních vod k potřebě dosažení vyhovujícího stavu vod povrchových. U odst. 7 můžeme požadovat přísnější emisní limity, než jsou emisní standardy, vyžaduje-li to ochrana vod [17].

Současný stav po technické stránce u všech typů čistíren odpadních vod otevírá cestu netradičního řešení odkanalizování malých obcí, kde se využije decentralizovaného systému pro likvidaci odpadních vod u obcí do 2 000 ekvivalentních obyvatel. Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., zmíněno výše, bylo v březnu roku 2011 novelizováno Nařízením vlády č. 23/2011 Sb. Emisní standardy přípustného znečištění a přípustné maximální hodnoty koncentrace ukazatelů znečištění odpadních vod v kategorii do 500 ekvivalentních obyvatel zůstaly beze změny. V kategorii od 500 do 2 000 ekvivalentních obyvatel je zvýšená přípustná hodnota z 35 na 40 mg na litr [18].

4.3 NOVÉ VELIKOSTNÍ KATEGORIE U ČISTÍREN MĚSTSKÝCH ODPADNÍCH VOD

Směrnice Rady 91/291/EHS zavedla velikostní kategorie do 2 000 ekvivalentních obyvatel, 2 až 10 000 ekvivalentních obyvatel, 10 až 100 000 ekvivalentních obyvatel a více než 100 000 ekvivalentních obyvatel. Zatím co Nařízení vlády č. 82/1999 Sb. mělo velikostní kategorie do 500 ekvivalentních obyvatel, 500 až 5 000 ekvivalentních obyvatel, 5 000 až 25 000 ekvivalentních obyvatel, 25 až 100 000 ekvivalentních obyvatel a více než 100 000 ekvivalentních obyvatel. Kombinace obou kategorií nebyla možná, protože počet kategorií by byl neúměrně vysoký, proto se převzaly velikostní kategorie Směrnice a kategorie do 2 000 ekvivalentních obyvatel byla ještě rozdělena na kategorii do 500 ekvivalentních obyvatel a kategorii od 500 do 2 000 ekvivalentních obyvatel [17].

4.4 EMISNÍ STANDARDY MĚSTSKÝCH ODPADNÍCH VOD V MINIMÁLNÍ FORMĚ ÚČINNOSTI ČIŠTĚNÍ

Směrnice Rady 91/271/EHS umožňuje zvolení dvou způsobů hodnocení dodržení požadavků na konkrétní čistírně. Je možno hodnotit buď dodržování požadavků podle přípustné koncentrace na odtoku z čistírny odpadních vod, nebo dle požadované minimální účinnosti čištění. První způsob bývá obvyklý na většině čistíren odpadních vod oproti tomu druhý je možno aplikovat na čistírnách s velkým přínosem znečištění, průmyslových odpadních vodách, které jsou připojeny na veřejné kanalizace [17].

4.5 NEBEZPEČNÉ A VELMI NEBEZPEČNÉ LÁTKY A JEJICH POŽADAVKY

V Evropské unii je zaměřena zvýšená pozornost na nebezpečné a zvláště nebezpečné závadné látky. Tyto látky se v legislativě označují jako prioritní a prioritní nebezpečné látky, kterým je věnována celá série směrnic, a ty jsou poté znovu právně ošetřeny v Rámcové směrnici. Zde jim je věnován článek 16. Povolováním vypouštění odpadních vod s nebezpečnými látkami do veřejné kanalizace a do povrchových vod se zabývá několik odstavců § 6 Nařízení. Vypouštění odpadních vod u zvláště nebezpečných látek do veřejné kanalizace

vyžaduje vodoprávní povolení, což je specifikováno v třetím odstavci a v odstavci devátém je určen způsob stanovení limitu vypouštěných látek [17].

4.6 IMISNÍ STANDARDY A ENVIRONMENTÁLNÍ CÍLE

Článek čtvrtý v Rámcové směrnici určuje společné environmentální cíle Společenství ve vodní politice. U povrchových vod článek čtvrtý žádá potřebná opatření, která zamezují zhoršení stavu povrchových vod. Dále tento článek stanovuje dosažení dobrého stavu povrchových vod do 22. 12. 2015. Dle článku dva v Rámcové směrnici dobrý stav znamená dosažení dobrého ekologického a chemického stavu. Dobrý chemický stav povrchových vod je dle výše uvedeného článku takový stav, u kterého koncentrace znečišťujících látek nepřesahují standardy environmentální kvality.

Článek deset pojednává o dosažení dobrého chemického stavu povrchových vod a dobrého ekologického potenciálu u umělých a silně ovlivněných vodních útvarů do 22. 12. 2015. Dle článku 10 a 16 musí být provedena opatření, která povedou ke snížení znečištění prioritních látek a dále k zastavení a postupnému odstranění emisí vypouštění a úniku prioritních nebezpečných látek.

Velice důležitý je článek šestnáct Rámcové směrnice. Dle tohoto článku určila Komise seznam prioritních látek, které představují riziko. Riziko rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady 2455/2001/ES. Zde bylo uvedeno 33 látek, či skupin látek, z nichž byly vybrány prioritní nebezpečné látky. Prioritní a prioritní nebezpečné látky se mohou vyskytovat i v odtocích z komunálních čistíren odpadních vod, jestliže je na čistírnu připojen průmyslový závod, který tyto látky produkuje nebo užívá [17].

4.7 KOMBINOVANÝ PŘÍSTUP K BODOVÝM A DIFÚZNÍM ZDROJŮM ZNEČIŠTĚNÍ

Vodní zákon § 38 odst. 5 určuje přípustné hodnoty znečištění odpadních vod a ukazatele přípustných hodnot znečištění povrchových vod. Imisní standardy u povolání vypouštění odpadních vod stanovuje Nařízení [17].

4.8 DIFÚZNÍ ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ

Článek deset Rámcové směrnice pojednává o bodovém a difúzním zdroji znečištění. Znamená to, že se vztahuje i na ty zdroje, kde je potřeba uplatnit nejlepší environmentální postupy. V naší vodohospodářské praxi rozlišujeme bodové, difúzní a plošné zdroje znečištění [17].

4.9 PROBLÉMY SOUVISEJÍCÍ S RÁMCOVOU SMĚRNICÍ

K dosažení dobrého stavu vod do 22. 12. 2015 znamená zahrnout nejen emisní standardy, ale také standardy environmentální (imisní). U imisních požadavků do vodohospodářských řešení použijeme kombinaci způsobu stanovení emisních limitů jednotlivým zdrojům znečištění. Je však třeba říci, že u kombinovaných způsobů se můžeme setkat s mnohými problémy.

Imisní standardy Nařízení a pracovní cíle

Pracovní cíle by měly být dosaženy do 22. 12. 2015 u obou typů zdrojů znečištění.

Různost emisních limitů pro stejné výrobní obory

Před zpracováním pokynů pro aplikaci kombinovaného přístupu musíme rozhodnout, zda emisní limity mohou být vyjádřeny jako emisní koncentrace. To znamená různé pro stejný výrobní obor v různých povodích, nebo ve stejném povodí.

Informace o bodových zdrojích znečištění

Jelikož u bodových zdrojů znečištění máme většinou k dispozici pouze roční bilanci vypouštěného znečištění (roční průměr), musíme převést emisní a imisní standardy na roční průměry, abychom dostali racionální řešení.

Definice vodních útvarů

Článek druhý Rámcové směrnice sděluje, že útvar povrchové vody je samostatný a důležitý prvek povrchových vod (jezero, řeka, nádrž, kanál, část toku kanálu). Vodní zákon rovněž vymezuje vodní útvar jako ohraničené soustředění povrchových nebo podzemních vod, avšak vodní útvary u nás pokrývají celou vodní síť. Jelikož článek čtyři Rámcové směrnice a § 23 vodního zákona se vztahují na všechny vodní útvary a environmentální kvality na celou říční síť [17].

Přehled důležitých zákonů, vyhlášek a nařízení vlády v oblasti vodního hospodářství

- 254/2001, což je zákon o vodách a o změně některých zákonů. Byl již devatenáctkrát novelizován.
- 274/2001, což je zákon o vodovodech a kanalizacích, pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů.
- 110/2005, jedná se o Vyhlášku, kterou se mění Vyhláška ministerstva životního prostředí 293/2002 Sb., o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových.
- 76/2006, zákon, kterým se mění zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů.
- 515/2006 Vyhláška, kterou se mění Vyhláška ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích.
- 416/2010 což je nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních.
- 273/2010 úplné znění zákona č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů [9].

Významné změny v požadavcích na jakost vypouštěných odpadních vod do povrchových vod nastaly vstupem do Evropské Unie. Došlo k zavedení institutu citlivých oblastí a za citlivou oblast bylo vyhlášeno celé území státu, což přineslo cílenou eliminaci celkového dusíku u komunálních zdrojů znečištění nad 10 000 ekvivalentních obyvatel. Došlo také ke zpřísnění požadavků na imisní standardy a dobrý chemický stav a aplikaci kombinovaného přístupu ke stanovování emisních limitů. Zároveň vzešly nové požadavky stanovující emisní požadavky pro odpadní vody s obsahem nebezpečných a obzvláště nebezpečných látek. Dalším z nových požadavků bylo sledování velkých městských čistíren odpadních vod kvalitu vyčištěných odpadních vod ve 24 hodinových směsných vzorcích a měření celkového dusíku [17].

5 NOVÉ METODY NAKLÁDÁNÍ S ODPADNÍMI VODAMI

Věda v oboru čištění odpadních vod ohromně pokročila v posledních pěti dekáдах [19]. Decentralizovaný systém, který je zaměřen na odvádění, recyklaci a znovu použití odpadních vod je komplexní novou metodou a má potenciál pro uplatnění ve stále více oblastech. Nové metody nakládání s odpadními vodami by měly řešit problémy přímo v lokalitě vzniku, neznečišťovat odpadní prostředí a využívat odpadní vody k recyklaci takovým způsobem, aby do ekosystémů bylo vypouštěno co nejmenší množství znečištěných vod. Současně by mělo vzniknout řešení vzniklých situací přímo v lokalitě a s konkrétními obyvateli, což by mělo zabránit přesunu problému na obyvatele, kterých se problém netýká. Separace moči – žlutých vod byla v Evropě zavedena již v 70-tých a 80-tých letech minulého století ve Švédsku, kde byly v prázdninových domech suché toalety osazovány kompostovacími komponenty s oddělením moči. Tento systém byl dále vyvíjen a ve školách byl instalován separační systém na principu dělicích – no mix toalet a suchých pisoárů, bez použití vody. Od roku 2000 se Švédsko stalo díky předchozím studiím a výzkumům mezinárodně uznávanou zemí v oblasti návrhu, výzkumu a následné výrobě separačních zařízení. V oblastech, kde není možnost odpadní vody vypouštět do stokových sítí je potřeba navrhnout samostatné čištění a odvádění odpadních vod přímo v místě jejich vzniku, to znamená decentralizovaně. Pro definici pojmu decentralizované odvádění a opětovné využití odpadních vod se v zahraničí zaběhl akronym DESAR – decentralised sanitation and reuse. Jedná se tedy o decentralizované řešení nakládání s odpadními vodami v obytných zástavbách. Celý princip je postaven na separaci znečištění u zdroje na odděleném čištění odpadních vod opětovném použití a na efektivním nakládání s dešťovou vodou [18].

5.1 DECENTRALIZOVANÝ ZPŮSOB NAKLÁDÁNÍ S ODPADNÍMI VODAMI

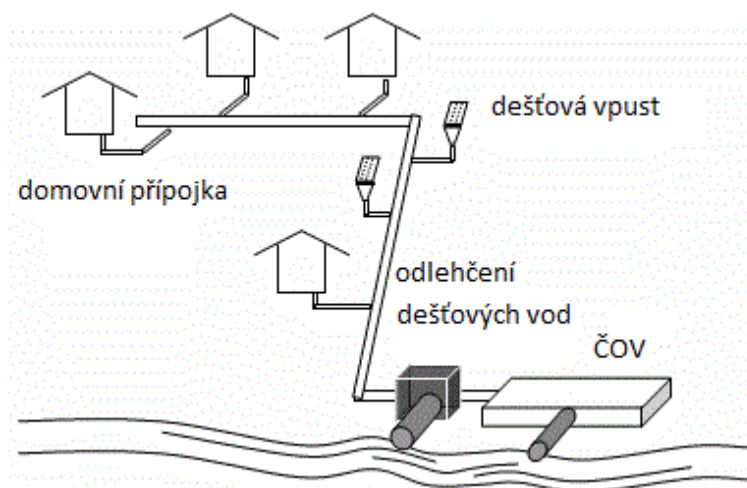
Používání sladké vody v dnešní době překračuje stupeň její obnovitelnosti. Koncepty DESAR proto nabízejí varianty dělení odpadních vod z domácností – černé vody, šedé vody, hnědé vody a žluté vody. Tím vzniká možnost zpětného využití. U využívání dešťové vody musíme brát na zřetel požadavky na její kvalitu.

Vysoké požadavky obyvatel, průmyslu a poľního hospodářství na spotřebu vody vyžadují hledání nových řešení na úspory vody. Decentralizovaný je na rozdíl od přístupu centralizovaného novým způsobem určeným pro potřeby odkanalizovaných a neodkanalizovaných oblastí. Decentralizované systémy udržují tuhoun a kapalnou frakci s odpadní vody poblíž místa jejího vzniku. Tím dojde k možnosti zkrácení a uzavření vodního cyklu v domácnostech, zejména tedy k velké úspoře financí a pitné vody.

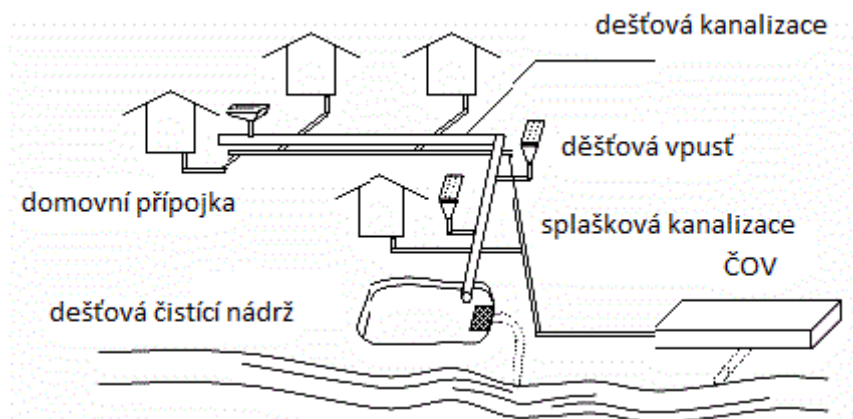
Při výběru vhodného systému čištění odpadních vod musíme vždy zvážít všechny možné varianty. V centralizované obci můžeme část méně obydlené zástavby řešit domovním zařízením. Tím dojde k ušetření neefektivního úseku stokové sítě. Výběr vhodného centralizovaného nebo decentralizovaného systému odvádění a čištění odpadních vod se odvíjí od místních podmínek. Centralizované a decentralizované systémy můžeme kombinovat. Vyplatí se proto ve všech situacích vypracovat různé varianty s odhady nákladů [20].

5.2 CENTRALIZOVANÝ SYSTÉM

Systém je založen na kanalizaci. Ta odvádí odpadní vody do jednoho zařízení na čištění. Tradiční způsob odkanalizování je založen na tom, že všechny odpady končí v čistírně odpadních vod. V obytné zástavbě nad tisíc obyvatel se dává přednost centrálnímu čištění odpadních vod. V menších zástavbách musíme posoudit výhody a nevýhody centralizovaného systému podle místních podmínek [20].



Obrázek č. 4: Centralizovaný systém odvádění odpadních vod s jednotnou kanalizací [20].



Obrázek č. 5: Centralizovaný systém odvádění odpadních vod s oddílnou kanalizací [20].

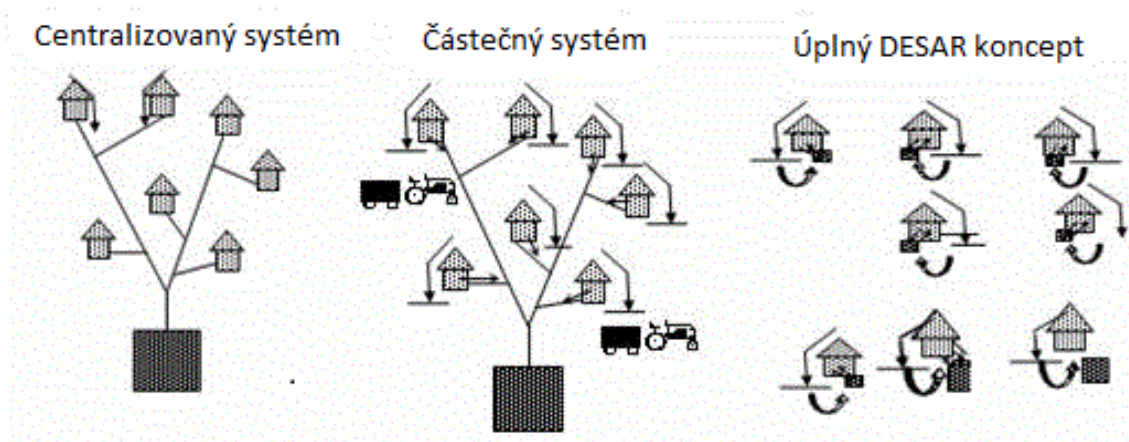
5.3 DECENTRALIZOVANÝ SYSTÉM

Systém hospodáří i zneškodňuje odpadové vody přímo v jednotlivých domech. Pokud není možno vypouštět odpadní vody do stokové sítě z kanalizační koncovky do čistírny odpadních vod, musíme navrhnout samostatné čištění odpadních vod a jejich odvádění přímo v místě jejich vzniku. Z toho vyplývá decentralizovaně [20].

5.4 DESAR KONCEPT

Pojem decentralizované odvádění a znovu využití odpadních vod se v zahraničí používá pojem DESAR (decentralised sanitation and reuse). Jednotlivé koncepty DESAR nabízí dělení odpadních vod z domácností na vody černé, šedé, hnědé a žluté. Koncept nabízí tři různé způsoby manipulace s toky nutrientů z domácností:

- Centralizovaný koncept – centralizovaný systém.
- Částečný DESAR koncept – částečně decentralizovaný systém.
- Úplný DESAR koncept – decentralizovaný systém [20].



Obrázek č. 6: Jednotlivé druhy konceptů [22].

Centralizovaný koncept obnovení nutrientů lze získat z ředěných, případně koncentrovaných odpadních vod v centralizovaných ČOV. Odpadní vody se shromažďují v kapalně formě – sprchy, praní, přípravy jídel, voda z toalet. Odpadní voda se hromadí v jednotné kanalizaci a je vedena hromadně s dešťovými vodami do centrální ČOV.

Částečný DESAR koncept. Čištění odpadních vod z domácností se řeší konvenční cestou – tedy vypouštěním do centrální ČOV pomocí oddílné kanalizace. U částečného decentralizovaného systému se moč sbírá pomocí separačních zařízení No – mix toalet, suché pisoáry. Fekálie a moč se skladují odděleně v domácnostech ve speciálních nádržích. Fekálie se využívají jako bioodpad na kompostování. Moč se v noci vypouští do centrální ČOV, kde se zpracovávají centralizovaně nutrienty [20].

Úplný DESAR koncept. U tohoto způsobu vzniká malý uzavřený cyklus vody a organického materiálu, kde se nutrienty mohou snadno využít v zemědělství. Decentralizované systémy sběru odpadních vod se dělí do třech skupin.

- Umělé způsoby – domovní čištění odpadních vod.
- Přirozené způsoby – vegetační kořenové odpadní čistírny vod, zemní filtry.
- Kombinované způsoby.

Nová koncepce městského odvodnění má za cíl změnit vliv urbanizace na hydrologický režim krajiny a zároveň snížení množství nutrientů v odpadních vodách. Koncepce decentralizovaných oblastí se odlišuje od problematiky městského odvodnění.

Decentralizované zneškodňování odpadních vod v jednotlivých domech je řešeno pomocí žump a nebo DČOV – domovními čistírnami odpadních vod. Vody, které se vyčistily DČOV můžeme vypouštět do vodního toku, případně použít k zalévání zahrad. Na vsakování je potřebný zvláštní souhlas vodohospodářského orgánu a musí zde být také příznivý hydrogeologický posudek.

Z hlediska dlouhodobé ochrany vodních zdrojů a vodních toků platí:

- Stupeň užití vody nesmí překročit stupeň její obnovitelnosti.
- Emise látkového znečištění nesmí překročit adsorpční kapacitu životního prostředí.
- Z pozice ohrožení života nesmí dojít k narušení jeho přirozeného stavu [20].

5.5 DĚLENÍ ODPADNÍCH VOD V DESAR SYSTÉMU

Jeden člověk vyprodukuje za rok zhruba 500 litrů moči – žlutá voda a 50 l fekálií – hnědá voda [21]. Pokud se žluté a hnědé vody odvádí společně, mluvíme o vodách černých [18]. Separace odpadů v různé kvalitě a jejich čištění můžeme využít v budoucnu k lepšímu využití látek. Jestliže dovedeme nakládat s druhy odpadních vod odděleně, budeme je moci přeměnit na přírodní hnojivo a hlavně předejdeme šíření choroboplodných zárodků v odpadních vodách a jejich zbytečnému znečištění.

Dešťová voda se dnes ze zastavěných a uzavřených oblastí nedostane přirozenou cestou zpět do koloběhu vody v přírodě. To může vést k dlouhodobým změnám půdní struktury a vodních režimů. Přibližně polovina z průměrné spotřeby

pitné vody na jednoho obyvatele nevyžaduje kvalitu pitné vody, proto může být dešťová voda použita jako náhrada [21].

Použitá voda:

Na následné aktivity musí být použita voda pitná:

- Vaření, pití – 4 litry na osobu za den
- Umývání nádobí – 8 litrů na osobu za den.
- Tělesná hygiena - 46 litrů na osobu na den.

Oproti tomu na tyto činnosti můžeme použít vodu srážkovou:

- Praní – 16 litrů na osobu za den
- Splachování - 40 litrů na osobu za den.
- Zalévání – 7 litrů na osobu na den.
- Údržba – 4 litry na osobu za den

Srážkové vody jsou znečištěny chemicky a mikrobiologicky. V určité míře tedy představují riziko. Pokud se budou používat ke splachování, nebude hrozit zdravotní nebezpečí – možné infikování pitného systému dešťovou vodou. V dnešní době se nabízí tyto možnosti využití dešťové vody:

- Splachování pro WC je dešťová voda výhodná, jelikož se šetří voda pitná. Navíc je měkká, takže nedochází k usazení vodního kamene. Splachováním spolu se sprchováním spotřebujeme v domácnosti nejvíce vody. Jelikož nevyžadujeme vodu vysoké kvality, použitím pitné vody by bylo zbytečné.
- Praní – dešťová vody se využívá jako užitková voda na praní především v oblastech kde je dostupná na praní příliš tvrdá a obsahuje vyšší podíl železa, manganu a podobně.
- Zavlažování – dešťová voda je chudá na soli – nedochází k solení půdy.
- Údržba – dešťovou vodu smíme použít k umytí aut, uklízení a čištění všude, kde není potřebná hygienicky nezávadná pitná voda [21].

Požadavky na kvalitu dešťové vody

Využíváním dešťové vody nesmí dojít k ohrožení zdraví uživatele, ohrožení kvality pitné vody, omezení komfortu užívání vody, ke kontaminaci životního prostředí.

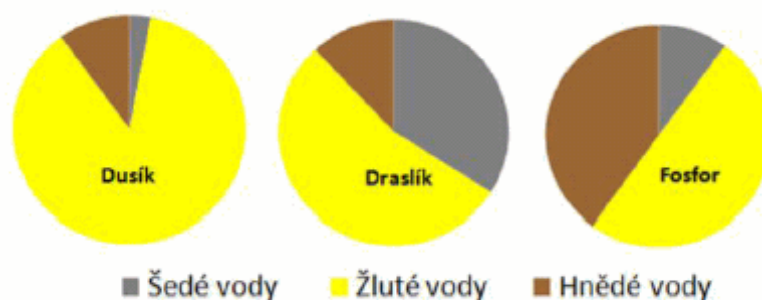
Využití dešťových vod přispívá k ochraně vodních zdrojů pitné vody a projeví se na stabilizaci hladiny podzemních vod a snížení základního vodního odběru, odlehčení odpadních vod o množství využití dešťových vod, snížení látkového znečištění z přepadu jednotné kanalizace za deště na snížení nákladů a výdajů, na zachycení a akumulaci části dešťových vod při vydatných srážkách [21].

5.6 KONCEPT SEPAROVANÝCH VOD – BAREVNÉ VODY

Jednotlivé koncepty nabízí různé dělení odpadních vod z domácností, kde k jednotlivým druhům vod jsou přiřazeny barvy – černá, šedá, hnědá, žlutá a bílá voda. Na úrovni domácností se dělí vody na černou, hnědou, žlutou a šedou vodu.



Obrázek č. 7: Dělení odpadních vod z domácností [22].



Obrázek č. 8 : Zastoupení dusíku, draslíku a fosforu v separovaných vodách [21].

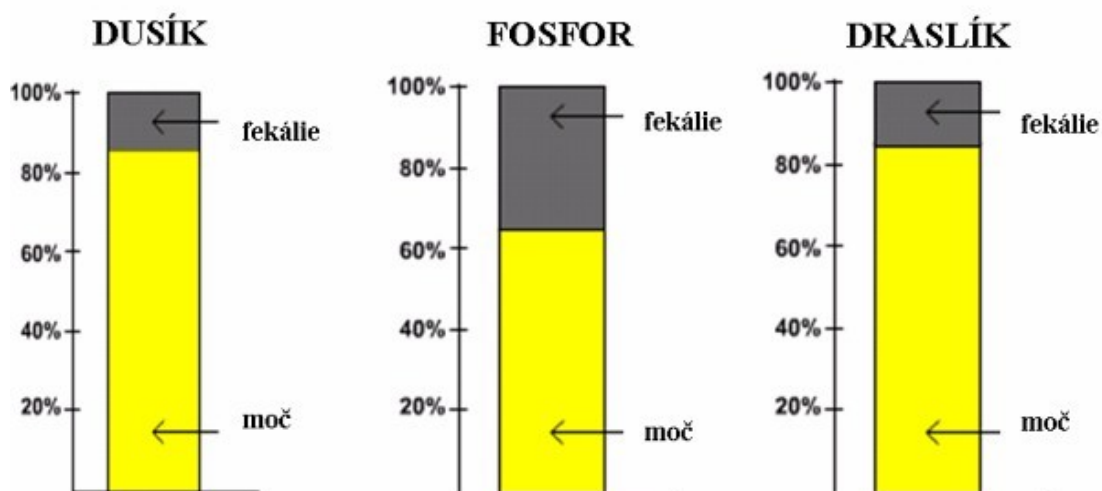
Hnědá, černá a žlutá voda se skládá z živin a energie. Šedá voda je méně znečištěna. Jelikož je jí však největší množství, uvažuje se nad problémem recyklace. Běžně se nejčastěji používá oddělení moči a úprava šedých vod pro další využití. Jde o systém, kdy se v rodinných domech instalují toalety, které oddělují moč a zbytek exkrementů, který se biologicky čistí – v septiku z vegetačních dočištění [22].

Každá osoba vyprodukuje za den 1 ž 1,5 litru moči. U zdravé osoby je moč sterilní. Základními nutrieny – prvky, které najdeme v moči je dusík, fosfor a draslík. Všechny tyto základní nutrieny se nachází v moči, ale i ve fekáliích. Moč můžeme využít jako hnojivo [21].

5.6.1 ŽLUTÉ VODY

Účelem oddělení žlutých vod může být:

- Odlehčení nátokových parametrů na vstupu ČOV – tímto odlehčením je možné uvažovat s jinou konstrukcí ČOV. Tohoto způsobu se využívá obvykle u motorestů kde je vysoký podíl moči v odpadních vodách a působí obrovské problémy v čistícím procesu.
- Znovuzískání surovin obsažených v moči – suroviny nacházející se v moči bychom měli vrátit zpět do koloběhu jako hnojivo, především proto, že zásoby fosforu jsou zhruba na 70 až 100 let.
- Minimalizace množství N a P.
- Znovu využití a minimalizace vody – použití oddělovacích toalet můžeme dosáhnout velké úspory vody použité při splachování [22].



Obrázek č. 9: Procentuální zastoupení nutrietů v moči a fekáliích [21].

Zařízení na separaci:

- No – mix toalety – jedná se o zařízení sloužící k separaci žluté anebo hnědé vody. Výhodný způsob odkanalizování je vhodný u malých oblastí nebo domácností a je založen právě na použití No-mix toalet, slouží na separaci moči a fekálií. Poté se moč uskládňuje odděleně od fekálií. Žluté vody se shromažďují bez ředěných jiných vod, případně s velmi malým ředěním, například 0,2 – 0,5 litrů vody. Závisí však na použití druhu No-mix toalet. Je možno je také přímo použít ke hnojení půdy.



Obrázek č. 10: *No – mix toalet* [21].

- Suchý pisoár – waterless urinals. Jedná se o zařízení pracující bez použití vody na splachování. Na splachování není používána pitná voda. Stoprocentní úspora pitné vody. Z pozice DESAR systému je oddělení moči však jen prvním krokem. Nutno však říci, jedná se o krok, který má několik výhod, a to separace moči – ihned vede k úspoře vody a také přináší značné výhody pro ČOV a recipient [21].



Obrázek č. 11: *Suchý pisoár* [21].

5.6.2 ŠEDÉ VODY

Jedná se o splaškové odpadní vody, které neobsahují fekálie a moč, jsou to vody, které odtékají z umyvadel, van, sprch, dřezů a podobně. Šedou vodu můžeme po úpravě využít jako vodu pro provoz – bílou vodu, u splachování záchodů, pisoárů a zalévání zahrad.

Rozdělení šedých vod:

- Neseparované šedé vody.
- Šedé vody z kuchyní a myček.
- Šedé vody z praček.
- Šedé vody z umyvadel, van a sprch.

Dle zatížení můžeme šedou vodu dělit na vhodnou a podmíněně použitelnou pro recyklaci. Použitelná voda je voda z umyvadel, van a sprch. Podmíněně použitelná je voda z oblasti kuchyně a myčky na nádobí. Na ČOV určeno pro čištění šedých vod musí být přiváděny pouze šedé vody.

Technologie čištění šedé vody se podle typu procesu dělí na:

- Mechanickou úpravu.
- Chemickou úpravu.
- Fyzikální úpravu.
- Biologické čištění.
- Přírodní způsoby čištění.

Hygienické zabezpečení šedých vod – jedná se o proces, kdy musíme odstranit patogenní organizmy z vyčištěné vody. K dezinfekci používáme chemické systémy a systémy fyzikální. K chemickým dezinfekčním metodám řadíme chlór, ozón u velkých zařízení, případně další oxidační procesy. Mezi fyzikální způsoby patří dezinfekce UV lampou, která neovlivňuje kvalitu bílé vody v porovnání s chemickými metodami [22].

Zdroj šedé vody	Pračky	Vany, sprchy, umyvadla	Kuchyně, myčky	Neseparovaná šedá voda
BSK ₅ [mg/l]	45-682	19-200	669-756	41-194
CHSK [mg/l]	375	64-8000	26-1600	49-623
pH	9,2-10	5-8,6	6,3-7,4	6,1-8,4

Tabulka č. 1: Hodnoty BSK₅, CHSK a pH u šedých vod [22].

5.7 MEMBRÁNOVÉ TECHNOLOGIE

Membránové technologie jsou v dnešní době již zavedenou metodou, která se uplatňuje u komunálních i domovních ČOV včetně čištění vod průmyslových. V Evropě se používají běžně k čištění komunálních vod v citlivých oblastech. Membránové technologie čištění průmyslových vod slouží k čištění odpadních a zejména ze zisku cenných surovin z vody. Je zde velký potenciál, protože membránové technologie umožňují výhodně hodnotné pevné a kapalné fáze. Jsou tedy zajímavou variantou vedle čištění biologického chemického. Membránové technologie jsou založeny na biologickém čištění se separačním stupněm tvořeným membránami. Jde tedy o klasickou biologickou čistírnu, kde je dosazovací nádrž nahrazena membránovou vestavbou a ta je přímo umístěna v aktivaci a nebo samostatném stupni za aktivací. Nepotřebujeme zde dosazovací nádrž a aktivace může ušetřit až 70% objemu ve srovnání s dnešními navrhovanými ČOV [26].

Použití membrán na domovních čistírnách

Především právě pro domovní čistírny byla plánováno využití membránových technologií. S membránami se setkáváme u řešení čištění v citlivých oblastí, v lokalitách s vypouštěním do stojatých vod, u vod, které jsou určeny k rekreaci, lodích, případně horských chatách. Čím větší ČOV, tím je výhodnější použití membránových technologií. Ke snížení cen vedou především nové konstrukce membránových vestaveb. Pomalu tedy přestává platit tvrzení, že se vyplatí tyto technologie tam, kde se uvažuje s využitím vyčištěním odpadních vod. Membránové technologie budou tedy konkurenční technologií ke klasickým metodám.

U průmyslových odpadních vod se nejčastěji využívají vody, kde nevyžadujeme kvalitu pitné vody a poté tuto vodu dále používáme k chlazení, případně jako procesní vodu. V Austrálii se provádí návrh předčištění chladících vod pomocí mikrofiltračních membránových technologií.

Dalším návrhem na provádění recyklace odpadních vod, jsou membránové aplikace, kde není hlavní produkt vyčištěná odpadní voda, ale získaný pevný podíl. S recyklací odpadních vod to však souvisí, protože vyčištěná voda lze znovu využít jako procesní nebo chladicí voda. Této metody využívá technologie FMX – ekonomičtější řešení oproti běžným membránovým technologiím. Využívá se zde membránové separace i pro filtraci látek s velkou hustotou. Vzhledem k inovačnímu

řešení bránicí ucpávání membrán, jsou zde výrazně nižší provozní náklady na chemické čištění a tím se zvyšuje jejich životnost [26].

5.8 ALTERNATIVA NAKLÁDÁNÍ S ODPADNÍ VODOU V PRAZE

Odpadní voda se v Praze čistí v ústřední čistírně odpadních vod a dále se pak vypouští do Vltavy. Nutno dodat, že z odpadní vody není dostatečně odstraňován dusík a navíc, kapacita čistírny bude brzy vyčerpána. Proto se plánuje stavba nové ÚČOV. Nepočítá se však s otázkou živin v odpadní vodě. V čistírně v Praze dochází k čištění vody tak, aby mohla být vypouštěna zpět do řeky. Proces je velice náročný na živiny v odpadní vodě a ve velké míře se ztratí v odtékající vodě. Se zpětným získáním živin z odpadní vody nepočítá ani projekt na novou ÚČOV. Získané živiny mohou nahradit umělá zemědělská hnojiva. Dalším z ovlivňujících faktorů je celosvětový nedostatek zásob fosforu, kde u běžných metod čištění odpadních vod, není možné jeho zpětné získání. Proto se zde je dobrý příklad využití systému DESAR, ten je využíván například v severní části Nizozemí v městě Sneek 32 domů zde má systém na odvádění a čištění odpadních vod a především shromažďování přímo v jeho místě. Odpadní vody se odděleně odvádí dle barevného značení a poté se v lokalitě zpracovává [27].

Využití tohoto systému má mnoho pozitivních faktorů:

- Voda zůstává na místě.
- Procesem rozkladu se získává energie.
- Využitím kalu v zemědělství se můžeme získat znovu živiny.

Systém rovněž umožňuje zachycovat znečišťující látky přítomné ve stopovém množství – léčiva, hormony. Tato technologie by se mohla aplikovat v nové zástavbě na okrajích Prahy v místech, kde napojení na stávající kanalizační síť je nákladné a kde jsou zemědělské plochy na kterých lze využít kal. Ideálním místem by byla oblast Stěrboholy – Dubeč, v této oblasti totiž se plánuje výstavba nové obytné plochy a s tím souvisí nárůst počtu obyvatel, což povede k větší produkci odpadu. Decentralizované čištění odpadních vod pomáhá lépe zadržovat vodu v krajině. Doporučuje se zachovat 21 místních čistíren odpadních vod a zároveň pečlivě

monitorovat kvalitu vody, která se vypouští, aby vyhovovala normám. Rovněž by se měl zavést systém hospodaření s přívalovou vodou zahrnující její zadržování, vsakování a opětovné použití. Díky tomuto systému docílíme minimalizace hydraulického zatížení v době špičky a nebezpečí povodní, zároveň dojde k omezení množství vypouštěných znečišťujících látek a ke snížení objemu odpadních vod, jež má za úkol čistit čistírna. Vznikne zdroj vody, který bude zavlažovat zelené plochy [27].

5.9 BUDOUCNOST NAKLÁDÁNÍ S ODPADNÍMI VODAMI

Na Zemi žije zhruba 7 miliard lidí a zhruba 1,2 miliardy z nich nemá dostatek nezávadné, hygienicky čisté vody, je to orientačně 20% celé současné populace a tento problém se dotýká přibližně 80 zemí. Předpokládá se, že v roce 2050 na Zemi bude 9 miliard lidí a dle nejhorších scénářů by mohlo být bez hygienicky nezávadné vody až 7 miliard lidí. Různé matematické modely nasimulovaly nedostatek vody v příštích zhruba 10 – 20 letech především v oblasti subtropického pásu a Jihoafrické republiky. Nárůst obyvatel povede ke zvýšení standardů v oblasti bydlení, změny klimatu, urbanizace, zemědělství, všechny tyto faktory přispívají ke zvyšování spotřeby vody, ačkoliv je omezený zdroj. Výše uvedené aspekty jsou jasnými důvody pro změnu současného nakládání s odpadními vodami [27].

Dosavadní systém nakládání s odpadními vodami co nejrychleji odvádí vodu do recipientu, takřka nedochází k recyklaci, vyrábí velké množství odpadu a především znečišťuje recipient nutriety, ty způsobují trofizaci vodních toků a bývají často důsledkem rozvoje vodního květu.

Budoucnost nakládání s odpadními vodami se snaží zabránit vnosu nutrietů do recipientů. Nejčastějším řešením je volba systému DESAR, kde se dělí odpadní vody dle barevného označení u zdroje a pozdějšího znovuvyužití. Odpadní vody z domácností můžeme rozdělit na žluté – moč, hnědé – fekálie, černé – směs žlutých a hnědých vod a vody šedé – vody z praní, sprchování, koupání a vody srážkové. Žluté vody obsahují většinu znečištění v odpadní vodě – 70 – 80% veškerého dusíku a 50% veškerého fosforu a draslíku, ačkoliv to vypadá, že v budoucnosti po zakoncentrování dojde k využití v podobě hnojiva. Černé vody se dají spolu s komunálním odpadem využít v produkci bioplynu. Šedé vody se po vyčištění mohou recyklovat ve formě užitkové vody v domácnostech a nebo závlahy. Srážkové

vody se v budoucnu předpokládají oddělit od odpadních vod a využití pro závlahy [27].

Jak již bylo uvedeno výše, vedle recyklace nutrientů se předvídá velký rozvoj znovuvyužití vody. Dnešní technologie již umožňují použít vyčištěnou odpadní vodu jako vodu pitnou. V Singapuru, kde se vyrábí ze splaškové odpadní vody neionizovaná voda u které je kvalita a cena tak vysoká, že se spíše používá jako průmyslová voda. Zhruba 10% vody po mineralizaci je pak prodáváno jako tzv. voda NEWATER.

Dále je zde velký potenciál odpadních vod v podobě energie. Nejen v podobě produkce bioplynu, ale v některých zemích s chladnějším klimatem se využívají tepelná čerpadla pro využití rozdílu teploty odpadní vody a okolí. Lze tedy přepokládat velký rozvoj membránových technologií nejen u komunálního čištění, ale i u průmyslových odpadních vod. Membránová filtrace v celém měřítku až po nejmenší částice čištění o velikosti pár desítek Daltonů – Reverzní osmóza produkuje vyčištěnou odpadní vodu, tu pak lze znovuvyužít.

Velké naděje jsou také vkládány do využití řas, které odstraňují a likvidují znečištění z odpadní vody, ale pohlcují rovněž i CO₂. Jedná se o tzv. skleníkový plyn a velké množství finančních prostředků se dává do výroby bionafty z nich. V neposlední řadě mezi další nadějně technologie patří mikrobiální palivové články, poté co se u nich vyladí přeměna energie chemické na energii elektrickou. Také se začíná hovořit o technologii, která spočívá v tvorbě granulované biomase aktivovaného kalu, do budoucna by se výrazně snížily plošné nároky na čistírny odpadních vod [27].

Poslední z řady nových metod, která si zaslouží zmínit, je recyklace fosforu do fosforečných hnojiv. Fosfátová krize přepokládá vyčerpání fosfátových rud v horizontu 30 – 40 let, většina zásob je bohužel navíc v Číně a Maroku. Cena těchto rud za posledních pár let vzrostla osminásobně. Pokud budeme ignorovat hledání alternativních zdrojů fosforu, se vzrůstajícím počtem obyvatel na Zemi se může objevit nedostatek fosforu pro výrobu hnojiv a s tím souvisí nedostatek potravin. Moč – žluté vody je zdroj fosforu a zejména ve Švédsku a USA investují do jejího využití v podobě hnojiva. V recipientech vysoké koncentrace fosforu způsobují problémy, proto je důležitá jeho recyklace v podobě hnojiva a i z pohledu možné fosfátové krize.

Doufejme, že do budoucna budeme smysluplněji nakládat s vodou, nejen odpadní. U vyspělých zemí bude důraz kladen na vznik nových technologií vedoucí k recyklaci energie a nutrientů z vody. U méně vyspělých zemí bude snaha alespoň o levnější řešení, jak pro čištění odpadních vod, ale i pro nakládání s odpadními vodami a k nezhoršování životního prostředí [27].

6 ODPADNÍ VODA JAKO ZDROJ SUROVIN

Narůstající spotřeba energie společně s narůstající cenou vede nutně k optimalizaci využívání dostupné energie a k hledání alternativních energetických zdrojů. Tento trend můžeme pozorovat v různých odvětvích průmyslu a vodního hospodářství. Ve světě se začíná na odpadní vody pohlížet ne jako na odpad, nýbrž jako na surovinu. Odpadní voda totiž obsahuje nejen organické látky, ale i tepelnou a kinetickou energii [23].

Znovuvyužití odpadních vod závisí na správném rozdělení dle původu. Jak jsme si již uvedli, v domácnostech můžeme vody rozdělit na vody černé, kdy dochází k odvádění odpadních vod z toalet – hnědých a žlutých vod současně. Dále na vody hnědé – fekálie, žluté – moč a na vody šedé – koupelny, kuchyně. Důležité je však zmínit, že hnědá, černá a žlutá voda jsou zdrojem živin a energie. Šedá voda je pak méně znečištěná, jelikož je jí největší množství, přemýšlí se nad její recyklací [24].

6.1 RECYKLACE ENERGIE

V dnešní době v některých zemích – Švýcarsko, Německo, Norsko existují aplikace sloužící k recyklaci energie. V Německu zhruba 10% budov může být vytápěno energií z odpadní vody. Je to dáno Směrnicí DWA M 114. Zařízení sloužící k recyklaci tepla – energie se skládá z tepelného výměníku a tepelného čerpadla. Výměník je umístěn přímo v kanalizaci, kde z ní získává teplo. Můžeme na kanalizaci nalézt tři místa, ve kterých lze recyklaci energie provádět.

- Recyklace tepla v přívodní kanalizaci před čistírnou. Výhoda zde spočívá v tom, že spotřebitelé tepla budou blíže odběru. Snížení teploty odpadní vody však může mít negativní vliv na čištění odpadních vod na ČOV. Velkou nevýhodou je také kolísání přiváděné odpadní vody – dojde k ovlivnění přenosu tepla. Umístění výměníku také může zhoršit údržbu v kanalizacích.
- Recyklace tepla na odtoku z čistíren odpadních vod. Velkou výhodou je zde to, že snížení teploty odpadní vody nepovede ke snížení účinnosti čištění odpadních vod. Další výhodou je, že přítok odpadní vody je téměř neměnný. Nevýhodou je však, že spotřebitelé energie nejsou v okolí odběru.
- Recyklace tepla uvnitř budov. Teplota u odpadní vody je celkem vysoká a výhoda zde spočívá v tom, že spotřebitelé tepla jsou poblíž. Nevýhodou je nestabilní přítok odpadní vody. Můžeme však využít kombinace této metody a

prvně jmenované a energii odebírat na přívodní kanalizaci v městské zástavbě [22].

V zahraničí se používají systémy HVAC – Heat Ventilation and Air Conditioning systém. Jedná se o systém vytápění, ventilace a klimatizace, které využívají odpadní energii k zahřívání budov v zimě a naopak v létě ke chlazení. Tento systém může být použit v kancelářských budovách, školách, krytých bazénech, nemocnicích atd.

Pro recyklaci tepla musí být splněny tyto předpoklady:

- Minimální bezdeštný průtok 15 litrů za sekundu.
- Tepelný potenciál v přitékající odpadní vodě – zde by neměla teplota v zimě klesnout pod 10 °C.
- Spotřebitelé energie musí být poblíž odběrových míst.
- Konkurenční zdroje tepla – vytápění.
- Neovlivnění funkce přívodní kanalizace a ČOV.

Cílem kanalizačních systémů je především ochrana životního prostředí. Pokud snížíme výrazně teplotu vyčištěné odtékající vody, negativně tím ovlivníme ekosystémy v recipientu. Rovněž bakterie, které jsou odpovědné za biologické odstraňování prvků – hlavně dusíku, jsou extrémně citlivé na nízké teploty, jejich aktivita se zpomaluje a tímto dojde k ohrožení potřebné účinnosti odstranění dusíkatého znečištění. Je tedy nutná aplikace tepelných výměníků, kdy kromě energetických úspor dojde i k efektivitě čištění odpadních vod.

V zahraničí je tento přístup již implementován. V Německu podle Směrnice DWA M 114 nesmí v přívodní kanalizaci na ČOV poklesnout teplota o 0,5 K u aplikace tepelných výměníků, zároveň však teplota nesmí poklesnout pod navrženou teplotu pro ČOV [22].

6.2 ZÍSKÁVÁNÍ ENERGIE Z BIOMASY

V dnešní době je přebytečný kal z ČOV pokládán za odpad, nicméně je lákavým zdrojem energie. Kal totiž obsahuje dusík a fosfor – je tedy zajímavý pro použití v zemědělství.

Z hlediska energie lze využít potenciál kalů po jeho vysušení, který může nahradit posilnění zdroje. Energetický potenciál závisí na složení a na vlhkosti. Ukazuje se, že takto lze ušetřit 30 až 40 % energie na ČOV. Nahrazení uhlí vysušeným kalem však má vedlejší ekologický produkt - skleníkové plyny [22].

V celosvětovém měřítku spotřeba energie stoupá a to zejména v rozvíjejících se ekonomikách, jako je tomu u Indie anebo Číny, či zemích třetího světa. Do popředí zájmu se proto dostává efektivní a ekonomické využívání energie. Všechny země evropské Unie se zavázaly do roku 2020 vyrábět 20% energie z obnovitelných zdrojů a účinnost využívání energie zvýšit o 20 %. Mezi obnovitelnými zdroji energie vyčnívá využívání větrné a solární energie a energie biomasy [23].

6.3 ZÍSKÁVÁNÍ ENERGIE Z POLOHOVÉ ENERGIE A BIOPALIVA

Opadní voda obsahuje nezanedbatelnou kinetickou a polohovou energii. Z výzkumu vyplývá, že v Německu je tak teoreticky další energetický potenciál ve výši 2500 a 17 000 MWh/rok. Pro návrh zařízení na využívání energie z odpadních vod je zapotřebí získat podklady o množství a průběhu vypouštění. Při návrhu ostrovních systémů se snaží o to, aby byl proud vyráběn nepřetržitě a aby spotřeba přídatné elektrické energie byla co nejnižší [22].

Biopaliva vznikají cíleně z biomasy. Za biopalivo však můžeme označit i odpadní vodu přiváděnou do ČOV. V současné době je chemická reakce biopalin uvolňována především spalováním bioplynů. Vyvíjí se nové účinnější metody pro jejich využití k výrobě elektřiny pomocí palivových článků. Vědci v současné době pracují na technologiích vycházejících z odpadní vody, kde je nahrazen katalyzátor palivového článku na bázi platinových kovů bakteriemi, respektive aerobním procesem. Také pracují na technologiích jak produkovat vodík pomocí speciálních bakterií z biomasy. Proces je velice efektivní a dal by se přizpůsobit pro masovou výrobu vodíku. Navíc by bylo možné vodík připravovat z jakéhokoliv biologického odpadu, jako je například posekaná tráva [22].

ZÁVĚR

Problematika čištění odpadních vod je stále aktuální téma. Doba stále kráčí mílovými kroky dopředu a přináší různé metody, které se nakládáním s odpadními vodami zabývají. Ať už se jedná o metodu DESAR – decentralizované odvádění, znovuvyužití odpadních vod a rozdělení odpadních vod dle barevného označení s pozdějším dalším využitím, případně o další metody typu membránových procesů. Velký potenciál rovněž vidím v podobě odpadních vod jako zdroje energie. Odborníci vkládají velké naděje do řas, které pohlcují znečištění odpadních vod a zároveň mají napomáhat ke snížení CO₂, což je další velký problém dnešní doby a zejména do budoucna, pokud chceme pro naše další generace něco udělat. U této metody si však nejsem jist mírou využitelnosti v čištění odpadních vod. Oproti tomu vidím velkou budoucnost v metodě mikrobiálních palivových článků, pokud u nich najdeme způsob přeměny chemické energie na energii elektrickou a dále v technologii, která tvoří granulovaný aktivovaný kal. Díky této technologii by totiž mohly klesnout nároky na čistírny odpadních vod. Měli bychom si uvědomit, že ve světě stále sílí strach z fosfátové krize a přibližné zásoby fosfátových rud jsou odhadovány na příštích čtyřicet let.

Metoda, která se tímto globálním problémem zabývá a která by jej mohla vyřešit, je recyklace fosforu do fosforečných hnojiv. Myslím si, že díky celosvětovému nedostatku by mohlo dojít k nedostatečné produkci hnojiv, což by mohlo zapříčinit snížený přísun potravin. Inspirací by nám mohlo být Švédsko, které vynakládá nemalé finanční prostředky do využití moče – žlutých vod v podobě hnojiva.

Ekonomicky vyspělé země budou stále zkoumat a hledat cesty vedoucí k recyklaci energie, jednotlivých nutrientů a vody. Ekonomicky méně vyspělé země se budou snažit o levná řešení pro nakládání s odpadními vodami, ale také o co nejmenší znečišťování životního prostředí.

Doufejme, že lidé si začnou uvědomovat problém nevyčerpatelnosti přírodního zdroje – vody. Proto bychom měli udělat vše pro co nejšetrnější nakládání s odpadními vodami a čištěním.

Cílem bakalářské práce bylo objasnění nových metod nakládání s odpadními vodami.

BIBLIOGRAFICKÉ ZDROJE

1. SOJKA, J. *Čistírny odpadních vod pro rodinné domy*. Praha: Grada, 2013. 96 s. ISBN 978-80-247-4504-6.
2. *Decentralizované zpracování odpadních vod* [online]. VŠCHT. © 2009 [cit. 2014-03-26]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/>.
3. BARTÁČEK, J. *Systémy nakládání s odpadními vodami: Od historie k současnosti*. Praha: Ústav technologie a prostředí, 2012. 49 s.
4. Science museum [online]. Science museum © 2010 [cit. 2014 – 03 – 26]. Dostupné z: <http://www.science museum.org.uk/>.
5. Wikisource [online]. Wikisource © 2012 [cit. 2014 – 03 – 26]. Dostupné z: <http://wikisource.org/>.
6. *Kanalizace v proměnách staletí aneb každodennost podruhé* [online]. Český rozhlas 1996 – 2014 [cit. 2014 – 03 – 26]. Dostupné z <http://www.radio.cz/>.
7. ŠEJNOHA, J. et al. *Historie odvádění a čištění odpadních vod v Praze: začátky kanalizace*. Praha 2002. 2s.
8. PITTER, P. *Hydrochemie*. 3.vyd. Praha: VŠCHT, 1999. 568s. ISBN 80 – 7080 – 340 – 1.
9. KUČEROVÁ, R. FEČKO, P. LYČKOVÁ, B. *Úprava a čištění vody*. VŠB Ostrava, 2011. 108s. ISBN 978 – 80 – 248 – 2389 – 8.
10. ORHON, D. BABUNA, F. G. KARAHAN, O. *Industrial Wastewater Treatment by Activated Sludge*. 1.vyd. United Kingdom, 2009. 387s. ISBN 9781843391449.
11. *Vítejte na Zemi* [online] ESF, CENIA © 2013. [cit. 2014 – 03 – 27]. Dostupné z : <http://www.vitejtenazemi.cz/>.
12. Vodospol [online]. Vizus © 2014. [cit. 2014 – 03 – 27]. Dostupné z.: <http://vodospol.cz/>.
13. ŠÁLEK, J. TLAPÁK, V. *Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod*. 1. vyd. Praha: ČKAIT, 2006. 283s. ISBN: 80-86769-74-7.

14. DOHANYOS, M. KOLLER, J. STRNADOVÁ, N. *Čištění odpadních vod*. 2. vyd. dotisk. Praha: VŠCHT, 2007. 177s. ISBN 978-80-7080-19-7.
15. CHUDoba, J. *Odpadní vody a jejich čištění*. Praha: 1991. 121s. ISBN 80-85122-09-X.
16. DOČKAL, P. *Opětovné použití vody v průmyslu*. Praha SNTL: 1988. 220s. ISBN 04-733-88.
17. NESMĚRÁK, I. *Legislativní emisní požadavky na odtoky z čistíren odpadních vod*. Praha: 2005. ISBN: 80-86020-45-2.
18. ASB-PORTAL [online]. JAGA GROUP © 2014 [cit. 2014 – 03 – 28]. Dostupné z: <http://www.abs-portal.cz/>.
19. RIFFAT, R. *Fundamentals of wastewater treatment and engineering*. London: IWA Publishing, 2013. 333s. ISBN: 978-1-780-40131-7.
20. SKLENÁROVÁ, T. *Decentralizovaný způsob nakládání s odpadovými vodami – 1. část*. Brno: 2009. 5s.
21. SKLENÁROVÁ, T. *Decentralizovaný způsob nakládání s odpadovými vodami – 2. část – Delenie odpadových vod*. Brno: 2009 5s.
22. PLOTĚNÝ, K. BARTONÍK, A. *Nové přístupy k řešení sanitace v duchu udržitelného rozvoje – recyklace*. Brno: 2014. 71s.
23. HOLBA, M. et al. *Energetický potenciál odpadních vod*. Vodní hospodářství 2014., 62 (2), s. 44 – 45.
24. TZB: info [online]. Topinfo © 2001-2014 [cit. 2014 – 03 – 30]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/>.
25. VYBÍRALOVÁ, P. *Bilance dusíkatých sloučenin v procesu biologickém nitrifikace – denitrifikace*, Brno 2011.
26. ASIO čištění odpadních vod. *Recyklace průmyslových a komunálních odpadních vod*. SBORNÍK Watenvi 2009. 48 (8), s. 2-4.
27. HOSPODAŘENÍ S VODOU V PRAZE. *Příklady dobré praxe*, Praha 2010. s. 37.

28. Enviweb [online]. Enviweb s.r.o. © 2003-2012. [cit. 2014 – 03 – 30]. ISSN 1803-6686 Dostupné z:
<http://www.enviweb.cz/clanek/covky/80750/budoucnost-nakladani-s-odpadnimi-vodami>.
29. SEDLÁK, J. *Koupací jezírka*. Praha: Grada, 2008. 128 s. ISBN 978-80-247-2554-3.
30. HAGEN, P. *Zahradní jezírka a renovace*. Praha: Grada, 2010. 160 s. ISBN 978-80-247-3183-4.

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek č. 1: *Strojně stíraný horizontálně protékající lapák písku* [14]

Obrázek č. 2: *Lapák písku s vertikálním průtokem* [14]

Obrázek č. 3: *Pravoúhlá usazovací nádrž s horizontálním průtokem* [14]

Obrázek č. 4: *Centralizovaný systém odvádění odpadních vod s jednotnou kanalizací* [20]

Obrázek č. 5: *Centralizovaný systém odvádění odpadních vod s oddílnou kanalizací* [20]

Obrázek č. 6: *Jednotlivé druhy konceptů* [22]

Obrázek č. 7: *Dělení odpadních vod z domácností* [22]

Obrázek č. 8: *Zastoupení dusíku, draslíku a fosforu v separovaných vodách* [21]

Obrázek č. 9: *Procentuální zastoupení nutričních složek v moči a fekáliích* [21]

Obrázek č. 10: *No – mix toalet* [21]

Obrázek č. 11: *Suchý pisoár* [21]

Tabulka č. 1: *Hodnoty BSK₅, CHSK a pH u šedých vod* [22]